T.C.

TRAKYA ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

KABLOSUZ ALGILAYICI AĞLARINDA KONUMLANDIRMA ALGORİTMALARININ BAŞARIMLARININ DEĞERLENDİRİLMESİ

DERYA EKER

YÜKSEK LİSANS TEZİ

BİLGİSAYAR MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

Tez Danışmanı: DOÇ. DR. GÜRKAN TUNA

EDİRNE-2018

DERYA EKER 'in hazırladığı "KABLOSUZ ALGILAYICI AĞLARINDA KONUMLANDIRMA ALGORİTMALARININ BAŞARIMLARININ DEĞERLENDİRİLMESİ" başlıklı bu tez, tarafımızca okunmuş, kapsam ve niteliği açısından BİLGİSAYAR MÜHENDİSLİĞİ Anabilim Dalında bir Yüksek lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

Jüri Üyeleri (Ünvan, Ad, Soyad): İmza

Doç. Dr. Gürkan TUNA .....

Yrd. Doç. Dr. Tolga YERLİKAYA .....

Yrd. Doç. Dr. Barış ASLAN .....

....

....

Tez Savunma Tarihi: 15/01/2018

Bu tezin Yüksek Lisans/Doktora tezi olarak gerekli şartları sağladığını onaylarım.

İmza

Doç. Dr. Gürkan TUNA
Tez Danışmanı

Trakya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü onayı

Prof. Dr. Murat YURTCAN
Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

T.Ü. FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

BİLGİSAYAR MÜHENDİSLİĞİ YÜKSEK LİSANS PROGRAMI

DOĞRULUK BEYANI

Trakya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, tez yazım kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmasında, tüm verilerin bilimsel ve akademik kurallar çerçevesinde elde edildiğini, kullanılan verilerde tahrifat yapılmadığını, tezin akademik ve etik kurallara uygun olarak yazıldığını, kullanılan tüm literatür bilgilerinin bilimsel normlara uygun bir şekilde kaynak gösterilerek ilgili tezde yer aldığını ve bu tezin tamamı ya da herhangi bir bölümünün daha önceden Trakya Üniversitesi ya da farklı bir üniversitede tez çalışması olarak sunulmadığını beyan ederim.

15/01/2018

Derya EKER



Yüksek Lisans Tezi

KABLOSUZ ALGILAYICI AĞLARINDA KONUMLANDIRMA ALGORİTMALARININ BAŞARIMLARININ DEĞERLENDİRİLMESİ

T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü

Bilgisayar Mühendisliği Anabilim Dalı

ÖZET

Kablosuz algılayıcı ağları, farklı izleme ve kontrol uygulamalarında etkin şekilde kullanılmaktadır. Kablosuz algılayıcı ağlarında toplanan verilerin konumunu bilmek çok önemlidir ve bu tür bir bilgi konumlandırma algoritmaları kullanılarak elde edilebilir. Konumlandırma algoritmaları, algılayıcı düğümlerinin yerini belirlemek için kullanılır ve kablosuz algılayıcı ağları için ölçeklenebilir, verimli ve düşük maliyetli konumlandırma algoritmaları tasarlanması beklenir.

Tezin ilk bölümde kablosuz algılayıcı ağları hakkında genel bilgiler verilmektedir. İkinci Bölümde kablosuz algılayıcı ağları incelenmektedir. Literatürdeki konumlandırma algoritmaları 3. Bölümde incelenmektedir. Dördüncü Bölümde uygulama senaryoları açıklanmaktadır. Uygulama senaryoları için elde edilen sonuçlar 5. Bölümde sunulmaktadır. Altıncı Bölümde kablosuz algılayıcı ağ konumlandırma algoritmalarının performansları, farklı performans metrikleri açısından değerlendirilmektedir. Son olarak, gelecekteki araştırma yönleri belirtilmektedir.

Benzetim çalışmalarında elde edilen sonuçlar, kablosuz algılayıcı ağı konumlandırma algoritmalarının performanslarının, yalnızca düğüm dağıtım türünden değil, aynı zamanda düğüm sayısından da etkilendiğini ortaya koymaktadır.

Yıl : 2018

Sayfa Sayısı : 238

Anahtar Kelimeler : Kablosuz algılayıcı ağları, konumlandırma, ölçütler, konumlandırma algoritmaları

Master's Thesis
Evaluation of the Performance of Localization Algorithms in Wireless Sensor Networks
Trakya University Institute of Natural Sciences
Department of Computer Engineering

ABSTRACT

Wireless sensor networks are effectively used in different monitoring and control applications. In wireless sensor networks, it is very important to know about the location of collected data and this kind of information can be obtained using localization algorithms. Localization algorithms are used to determine the location of sensor nodes and it is desired to design scalable, efficient, and low-cost localization algorithms for wireless sensor networks.

In the first section of this thesis, general information about wireless sensor networks is given. In Section 2, wireless sensor networks are examined. Localization algorithms in the literature are examined in Section 3. In Section 4, implementation scenarios are explained. The results for the implementation scenarios are presented in Section 5. In Section 6, the performance of wireless sensor network localization algorithms is evaluated in terms of different performance metrics. Finally, future research directions are indicated.

The results obtained in the simulation studies reveal that the performances of wireless sensor network localization algorithms are affected by not only node deployment type but also number of nodes.

Year : 2018

Number of Pages : 238

Keywords : Wireless sensor networks, localization, metrics, localization algorithms

TEŞEKKÜR

Bu çalışmanın hazırlanmasında bana yol gösteren, çalıştığımız alanda bilgi ve tecrübelerini benden esirgemeyen, her konuda her zaman yardımcı olan, her an ufkumu yeni bir bilgiyle açmaya çalışan, destek ve yardımlarını esirgemeyen değerli danışman hocam Sayın Doç. Dr. Gürkan TUNA'ya, Yüksek Lisans eğitimim boyunca yardımcı olan değerli Bilgisayar Mühendisliği Bölümü hocalarıma teşekkürlerimi sunarım.

İÇİNDEKİLER

KISALTMALAR ix
ŞEKİLLER DİZİNİ x
ÇİZELGELER DİZİNİ xiv
BÖLÜM 1 GİRİŞ 1
BÖLÜM 2 KABLOSUZ ALGILAYICI AĞLARI 3
BÖLÜM 3 KONUMLANDIRMA ALGORİTMALARI 7
3.2. Konumlandırma Algoritmaları 9
3.2.1. Merkezi Konumlandırma Teknikleri 10
3.2.1.1. Çok Boyutlu Ölçeklendirme Haritası Tabanlı Konumlandırma 10
3.2.1.2. Benzetimli Tavlama Tabanlı Konumlandırma 11
3.2.2. Dağıtık Konumlandırma Teknikleri 12
3.2.2.1. Düğümler Arası Mesafeye Bağlı Konumlandırma Teknikleri 13
3.2.2.1.1. Varış Açısı Tabanlı (Angle of Arrival (AoA)) Konumlandırma 14
3.2.2.1.2. Varış Zamanı Tabanlı (Time of Arrival (ToA)) Konumlandırma 14
3.2.2.1.3. Varış Zamanı Farkı (Time Difference of Arrival (TDoA)) Tabanlı Konumlandırma 15
3.2.2.1.4. Alınan Sinyal Gücü Ölçeği (Received Signal Strength Indicator (RSSI)) Tabanlı Konumlandırma 16
3.2.2.2. Düğümler Arası Mesafeden Bağımsız Konumlandırma Teknikleri 17
3.2.2.2.1. Üçgensel Bölgede Yaklaşık Nokta (Approximate Point in Triangulation (APIT)) 19
3.2.2.2.2. Mesafe Vektörü Atlamalı (DV – Hop) Konumlandırma 19
3.2.2.2.3. Centroid Konumlandırma 20
3.2.2.2.4. Etkin Dağıtık Konumlandırma (Active Distributed Localization (ADLA)) Algoritması 21
3.2.2.2.5. Güvenli Konumlandırma Algoritmaları 22
3.2.2.2.5.1. Düğümler Arası Mesafeden Bağımsız Yüksek Çözünürlüklü Konumlandırma (High-Resolution Range-Independent Localization (HiRLoc)) 23
3.2.2.2.5.2. Düğümler Arası Mesafeden Bağımsız Güvenli Konumlandırma (Secure Range-independent Localization (SeRLoc)) 24
3.2.2.2.6. Dağıtık Konumlandırma (Distributed Localization (DIL)) Algoritması 25

3.2.2.2.7. Sınırlı Erişim Alanı Tabanlı Konumlandırma (Restricted-Area-based Localization (RAL)) 26
3.2.2.2.8. Güç Ayarlayan Bağlantıların (Power Tuning Anchors (PTA)) Konumlandırılması 27
3.3. Ölçüm Birimleri 28
3.3.1. Doğruluk Ölçümü 29
3.3.2. Maliyet Ölçümü 29
3.3.3. Enerji Kullanımı Ölçümü 30
3.3.4. Hafıza Kullanımı Ölçümü 30
3.3.5. Kapsama Alanı Ölçümü 30
3.4. Konumlandırma Algoritmalarının Karşılaştırılması 31
2.4. Kablosuz Algılayıcı Ağları Benzetim Ortamları 32
BÖLÜM 4 MATERYAL VE METOT 42
4.1. Kablosuz Algılayıcı Ağı Konumlandırma Benzetim Ortamı 42
4.2. Kablosuz Algılayıcı Ağı Konumlandırma Benzetim Ortamı Uygulama Senaryoları… 45
4.3. Kablosuz Algılayıcı Ağı Konumlandırma Benzetim Ortamı Uygulama Senaryolarının Çalıştırılması 49
BÖLÜM 5 SONUÇLAR 92
BÖLÜM 6 TARTIŞMA 101
EKLER 105
KAYNAKLAR 234
ÖZGEÇMİŞ 238

SİMGELER DİZİNİ

KISALTMALAR

ADLA	Active Distributed Localization
APIT	Approximate Point in Triangulation
AoA	Angle of Arrival
DIL	Distributed Localization
DV-Hop	Distance Vector Hop
HiRLoc	High-Resolution Range-Independent Localization
LBSA	Simulated Annealing based Localization
MAC	Medium Access Control
MDS-MAP	Multi Dimensional Scaling- Mobility Assisted Programming
PTA	Power Tuning Anchor
RAL	Restricted-Area-based Localization
ROI	Region of Intersection
RSSI	Received Signal Strength Indicator
SeRLoc	Secure Range-independent Localization
ToA	Time of Arrival
TDoA	Time Difference of Arrival
WSN	Wireless Sensor Network

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 2. 1. Sağlık Hizmeti Kablosuz Algılayıcı Ağ Örneği 4

Şekil 2. 2. Algılayıcı Düğüm Yapısı 5

Şekil 3. 1. Mesafe Tahmin Yöntemleri 8

Şekil 3. 2. Konumlandırma Algoritmaları Hiyerarşisi 9

Şekil 3. 3. Dağıtık Konumlandırma Teknikleri Hiyerarşisi 12

Şekil 3. 4. Düğümler Arası Mesafeye Bağlı Konumlandırma Hiyerarşisi 13

Şekil 3. 5. Varış Zamanı Şeması 15

Şekil 3. 6. Varış Zamanı Farkı Şeması 16

Şekil 3. 7. Konumu Bilinen Düğümler Yardımıyla RSSI Tabanlı Konumlandırma 17

Şekil 3. 8. Düğümler Arası Mesafeden Bağımsız Konumlandırma Hiyerarşisi 18

Şekil 3. 9. Centroid Konumlandırma 21

Şekil 3. 10. Dağıtık Konumlandırma Algoritması Ağ Yapısı 26

Şekil 4. 1. WSN Localization Simulator 44

Şekil 4. 2. Düzenli Dağıtım Konum Belirleyici Yerleşimi 47

Şekil 4. 3. Konum Belirleyici Işınlarının Başlangıç Açıları 48

Şekil 4. 4. Senaryo 1 için Centroid Algoritması Düğüm Yerleşimi 50

Şekil 4. 5. Senaryo 1 için Centroid Algoritması Konum Tahmini Yapılan Algılayıcı Düğümler 51

Şekil 4. 6. Senaryo 1 için ADLA Algoritması Düğüm Yerleşimi 52

Şekil 4. 7. Senaryo 1 için ADLA Algoritması Konum Tahmini Yapılan Algılayıcı Düğümler 52

Şekil 4. 8. Senaryo 1 için HiRLoc Algoritması Düğüm Yerleşimi 53

Şekil 4. 9.Senaryo 1 için HiRLoc Algoritması Konum Tahmini Yapılan Algılayıcı Düğümler 54

Şekil 4. 10. Senaryo 1 için SeRLoc Algoritması Düğüm Yerleşimi 55

Şekil 4. 11. Senaryo 1 için SeRLoc Algoritması Konum Tahmini Yapılan Algılayıcı Düğümler 55

Şekil 4. 12. Senaryo 1 için DIL Algoritması Düğüm Yerleşimi 56

Şekil 4. 13.Senaryo 1 için DIL Algoritması Konum Tahmini Yapılan Algılayıcı Düğümler 57

Şekil 4. 14. Senaryo 1 için RAL Algoritması Düğüm Yerleşimi..... 58

Şekil 4. 15. Senaryo 1 için RAL Algoritması Konum Tahmini Yapılan Algılayıcı Düğümler 58

Şekil 4. 16. Senaryo 1 için PTA Algoritması Düğüm Yerleşimi 59

Şekil 4. 17. Senaryo 1 için PTA Algoritması Konum Tahmini Yapılan Algılayıcı Düğümler 60

Şekil 4. 18. Senaryo 2 için Centroid Algoritması Düğüm Yerleşimi..... 61

Şekil 4. 19. Senaryo 2 için Centroid Algoritması Konum Tahmini Yapılan Algılayıcı Düğümler 61

Şekil 4. 20. Senaryo 2 için ADLA Algoritması Düğüm Yerleşimi 62

Şekil 4. 21. Senaryo 2 için ADLA Algoritması Konum Tahmini Yapılan Algılayıcı Düğümler 63

Şekil 4. 22. Senaryo 2 için HiRLoc Algoritması Düğüm Yerleşimi..... 64

Şekil 4. 23. Senaryo 2 için HiRLoc Algoritması Konum Tahmini Yapılan Algılayıcı Düğümler 64

Şekil 4. 24. Senaryo 2 için SeRLoc Algoritması Düğüm Yerleşimi..... 65

Şekil 4. 25. Senaryo 2 için SeRLoc Algoritması Konum Tahmini Yapılan Algılayıcı Düğümler 66

Şekil 4. 26. Senaryo 2 için DIL Algoritması Düğüm Yerleşimi 67

Şekil 4. 27. Senaryo 2 için DIL Algoritması Konum Tahmini Yapılan Algılayıcı Düğümler 67

Şekil 4. 28. Senaryo 2 için RAL Algoritması Düğüm Yerleşimi..... 68

Şekil 4. 29. Senaryo 2 için RAL Algoritması Konum Tahmini Yapılan Algılayıcı Düğümler 69

Şekil 4. 30. Senaryo 2 için PTA Algoritması Düğüm Yerleşimi 70

Şekil 4. 31. Senaryo 2 için PTA Algoritması Konum Tahmini Yapılan Algılayıcı Düğümler 70

Şekil 4. 32. Senaryo 3 için Centroid Algoritması Düğüm Yerleşimi..... 71

Şekil 4. 33. Senaryo 3 için Centroid Algoritması Konum Tahmini Yapılan Algılayıcı Düğümler 72

Şekil 4. 34. Senaryo 3 için ADLA Algoritması Düğüm Yerleşimi 73

Şekil 4. 35. Senaryo 3 için ADLA Algoritması Konum Tahmini Yapılan Algılayıcı Düğümler 73

Şekil 4. 36. Senaryo 3 için HiRLoc Algoritması Düğüm Yerleşimi..... 74

Şekil 4. 37. Senaryo 3 için HiRLoc Algoritması Konum Tahmini Yapılan Algılayıcı Düğümler 75

Şekil 4. 38. Senaryo 3 için SeRLoc Algoritması Düğüm Yerleşimi..... 76

Şekil 4. 39. Senaryo 3 için SeRLoc Algoritması Konum Tahmini Yapılan Algılayıcı Düğümler 76

Şekil 4. 40. Senaryo 3 için DIL Algoritması Düğüm Yerleşimi..... 77

Şekil 4. 41. Senaryo 3 için DIL Algoritması Konum Tahmini Yapılan Algılayıcı Düğümler 78

Şekil 4. 42. Senaryo 3 için RAL Algoritması Düğüm Yerleşimi..... 79

Şekil 4. 43. Senaryo 3 için RAL Algoritması Konum Tahmini Yapılan Algılayıcı Düğümler 79

Şekil 4. 44. Senaryo 3 için PTA Algoritması Düğüm Yerleşimi 80

Şekil 4. 45. Senaryo 3 için PTA Algoritması Konum Tahmini Yapılan Algılayıcı Düğümler 81

Şekil 4. 46. Senaryo 4 için Centroid Algoritması Düğüm Yerleşimi..... 82

Şekil 4. 47. Senaryo 4 için Centroid Algoritması Konum Tahmini Yapılan Algılayıcı Düğümler 82

Şekil 4. 48. Senaryo 4 için ADLA Algoritması Düğüm Yerleşimi 83

Şekil 4. 49. Senaryo 4 için ADLA Algoritması Konum Tahmini Yapılan Algılayıcı Düğümler 84

Şekil 4. 50. Senaryo 4 için HiRLoc Algoritması Düğüm Yerleşimi..... 85

Şekil 4. 51. Senaryo 4 için HiRLoc Algoritması Konum Tahmini Yapılan Algılayıcı Düğümler 85

Şekil 4. 52. Senaryo 4 için SeRLoc Algoritması Düğüm Yerleşimi..... 86

Şekil 4. 53. Senaryo 4 için SeRLoc Algoritması Konum Tahmini Yapılan Algılayıcı Düğümler 87

Şekil 4. 54. Senaryo 4 için DIL Algoritması Düğüm Yerleşimi..... 88

Şekil 4. 55. Senaryo 4 için DIL Algoritması Konum Tahmini Yapılan Algılayıcı Düğümler 88

Şekil 4. 56. Senaryo 4 için RAL Algoritması Düğüm Yerleşimi..... 89

Şekil 4. 57. Senaryo 4 için RAL Algoritması Konum Tahmini Yapılan Algılayıcı Düğümler 90

Şekil 4. 58. Senaryo 4 için PTA Algoritması Düğüm Yerleşimi 91

Şekil 4. 59. Senaryo 4 için PTA Algoritması Konum Tahmini Yapılan Algılayıcı Düğümler 91

Şekil 5. 1. Senaryo 1 Konumlandırma Algoritmaları 94

Şekil 5. 2. Senaryo 2 Konumlandırma Algoritmaları 96

Şekil 5. 3. Senaryo 3 Konumlandırma Algoritmaları 98

Şekil 5. 4. Senaryo 4 Konumlandırma Algoritmaları 100

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 3. 1. Merkezi Konumlandırma ve Dağıtık Konumlandırma Karşılaştırması.....31

Çizelge 3. 2. Düğümler arası mesafeye bağlı Konumlandırma ve Düğümler Arası Mesafeden Bağımsız Konumlandırma Karşılaştırması.....32

Çizelge 3. 3. Benzetim Ortamlarının Olumlu Yönleri 39

Çizelge 5. 1. Senaryo 1 Özet Benzetim Sonuçları 93

Çizelge 5. 2. Senaryo 2 Özet Benzetim Sonuçları 95

Çizelge 5. 3. Senaryo 3 Özet Benzetim Sonuçları 97

Çizelge 5. 4. Senaryo 4 Özet Benzetim Sonuçları 99

BÖLÜM 1

GİRİŞ

Kablosuz algılayıcı ağları (Wireless Sensor Networks - WSN), kablosuz olarak iletişim sağlayan algılayıcı düğümlerden oluşmaktadır (Akyıldız, Su, Sankarasubramaniam & Çayıcı, 2002a). Algılayıcı düğümler bulundukları ortamdan veri toplama, bunları merkeze iletme ve ortamdaki düğüm yoğunluğunu ölçme gibi birçok işlem için kullanılmaktadır (Akyıldız vd., 2002a; Akyıldız vd., 2002b). WSN'de bulunan algılayıcı düğümler ortamda bulunan sıcaklık, titreşim, nem, hareketlilik vb. verileri toplayıp analiz ederek görüntülenmesini sağlamaktadır (Matin & Islam, 2012). WSN askeri, sağlık, çevre, ev ve ofis, lojistik, araç takibi uygulamalarında sıkça kullanılmaktadır. Örneğin, akıllı ev ve ofis uygulamalarında, açık bırakılan ocak veya ısıtıcı ile evde yangın çıkması ihtimalinde algılayıcılar topladıkları verileri değerlendirdikten sonra kullanıcıya uyarıcı bir alarm gönderebilmektedir. Çevre uygulamalarında ise, algılayıcılar ölçülen titreşimleri ve ortamdaki zararlı kimyasalları değerlendirdikten sonra kullanıcıya uyarı gönderebilmektedir. Askeri uygulamalarda ise, WSN, mayın tespiti, düşman uçakların takibi ve tespiti, saldırı anında düşman hedefe ulaşmadan hareketlerini kontrol etmek gibi pek çok amaçla kullanılabilmektedir.

WSN'de algılayıcı düğümlerden toplanan ölçüm verilerinin değerlendirildiği merkez ya da toplayıcı düğüm, dış dünya ile iletişim kurulmasını sağlayan noktadır. Algılayıcılar düşük maliyetli, düşük enerji kapasiteli, bulunduğu ortamdaki pek çok veriyi toplayan ve analiz edebilen ve kablosuz olarak iletişim sağlayan küçük cihazlardır (Akyıldız vd., 2002a; Matin & Islam, 2012). Algılayıcılar ortamdan veri toplayan algılama birimi, bu verileri hesaplayan işlem birimi, iletişimi sağlayan birim ve enerji sağlayan birim olmak üzere dört birimden oluşmaktadır (Matin & Islam, 2012).

Askeri uygulamalarda olduğu gibi pek çok uygulama alanında algılayıcı düğümlerin topladığı bilgilerin doğruluğu verilerin kendisi kadar büyük bir öneme sahip olmaktadır (Akyıldız & Vuran, 2010). Toplanan verilerin doğruluğu verileri toplayan algılayıcıların konumlarının bilinmesine bağlı olmaktadır. Algılayıcı düğümlerin konumları bilindiğinde veriler daha doğru ve amaca yönelik olarak kullanılabilmektedir (Boukerche, Oliveira, Nakamura & Loureiro, 2007). Bu nedenle WSN'de en önemli problem, algılayıcı düğümlerin konumlarının bilinmemesi olmaktadır. Algılayıcılar kablosuz olarak ortamda bulundukları için konumlarının her zaman tam olarak bilinmesi mümkün olmamaktadır. Bu soruna çözüm olarak konumlandırma algoritmaları kullanılmaktadır (Boukerche, 2009).

Konumlandırma algoritmalarıyla algılayıcı düğümlerin konum tahminleri gerçekleştirilebilmektedir. WSN'de, gerçek konum bilgileri bilinen bağlantı düğümleri ve bağlantılar ile konumu tahmin edilen algılayıcı düğümler olmak üzere iki tip düğüm bulunmaktadır. Algılayıcı düğümlerin konum tahmini yapılırken bağlantıların bilinen koordinat konumları veya diğer düğümlerle ilişkileri kullanılmaktadır (Boukerche vd., 2007; Boukerche, 2009). Konum tespiti küresel koordinat düzlemindeki koordinasyonlar ya da Global Positioning System (GPS) gibi küresel bir konumlandırma sistemi kullanılarak yapılır. GPS alıcıları, küçük boyutlu olması gereken algılayıcı boyutlarını büyütmesi, kısıtlı enerjiyi çok fazla kullanması, görüş açısının sınırlı olduğu mekânlarda kullanım zorluğu ve ağ maliyetini yükseltmesi sebebiyle tercih edilmemektedir (Alrajeh, Bashir & Shams, 2013). Bunun yerine küresel koordinat düzlemi konum belirleme için kullanılmaktadır. WSN'de konumlandırma probleminin çözümü için pek çok konumlandırma algoritması geliştirilmiştir. Söz konusu konumlandırma algoritmaları, doğruluk, tespit edilen algılayıcı sayısı, işlemci kullanımı ve algoritma çalışma süresi gibi kıstaslar ile değerlendirilerek konumlandırma algoritmasının başarımı tespit edilebilmektedir (Eker, Savran & Tuna, 2017). Konumlandırma algoritmasının istenilen doğruluk değerini sağlayabilmesi için hesaplanan ortalama konumlandırma hatasının düşük olması beklenmektedir. Algoritma çalışma hızının yüksek olması ve buna karşılık düşük işlemci kullanımı ile yüksek miktarda algılayıcı tespiti ile algoritmanın etkili bir şekilde çalıştığı düşünülebilmektedir (Boukerche, 2009; Boukerche vd., 2007).

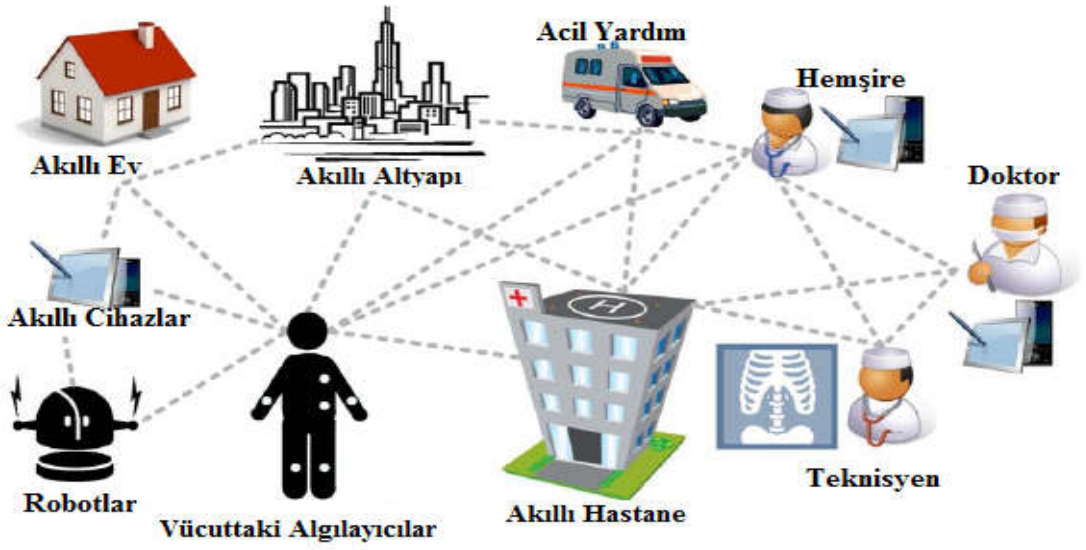
BÖLÜM 2

KABLOSUZ ALGILAYICI AĞLARI

Günümüzde, insanlar sabit ortamda yaşamak ve çalışmak yerine hareketli bir yaşam sürdürmeyi tercih etmektedir. Özel hayatımız eskiden olduğundan daha çok dış çevrede geçmektedir. Bunun yanında iş ortamları da artık daha hareketli mekânlar haline gelmektedir. Önceleri masa başında gerçekleştirilen işlemler artık yanımızda taşıyabileceğimiz kadar küçük ve her yerde ağa bağlanabileceğimiz cihazlarla kolayca gerçekleştirilebilmektedir. Çalışılan iş ortamları hareketli olduğundan ve daha hareketli bir hayat yaşadığımızdan dolayı ekolojik çevre de eskisi kadar sabit olamamaktadır. Bu nedenle pek çok ortamda sıcaklık, ısı, basınç, ses, titreşim ve hareketlilik ölçümü yapmak daha farklı bir çalışma alanını gerekli kılmaktadır. Bu ihtiyaçlardan dolayı ölçüm yapılan ortamların da hareketliliğe uyum sağlaması için kablolu sistemler yerine kablosuz iletişim sağlayan sistemler tercih edilmektedir.

Son yıllarda yapılan çalışmalar, kablosuz iletişim uygulamalarının yaygın olarak kullanıldığını göstermektedir. Ayrıca mikro elektromekanik algılayıcıların kullanım alanının son araştırmalarla genişlediği görülmektedir (Chowdhury, Elkin, Devabhaktuni & Rawat, 2016; Di Rocco & Pascucci, 2010). Bu iki yenilik WSN'in askeri uygulamalarda, sağlık hizmetlerinde, akıllı ev ve ofis uygulamalarında, çevre gözlemleri ve hava tahmini uygulamalarında, trafik kontrol uygulamalarında ve birçok farklı uygulama alanında kullanılmasına olanak sağlamaktadır (Chawdhury vd., 2016). Askeri uygulamalarda; keşif uçakları ve denizaltılarında, savaş alanı gözlemi için, mayın tespiti için, tehlikeli kimyasalların tespiti, düşman araçların ve saldırılarının tespitinde kullanılmaktadır (Srinivasan & Wu, 2007). Bunların içinden mayın tespiti insan hayatı için oldukça önemli olmaktadır. Yerleri bilinmeyen mayınlar aniden patlayacağı gibi içlerinde bulundukları araziyi tarıma elverişsiz hale getirmektedir. Bu nedenle kara

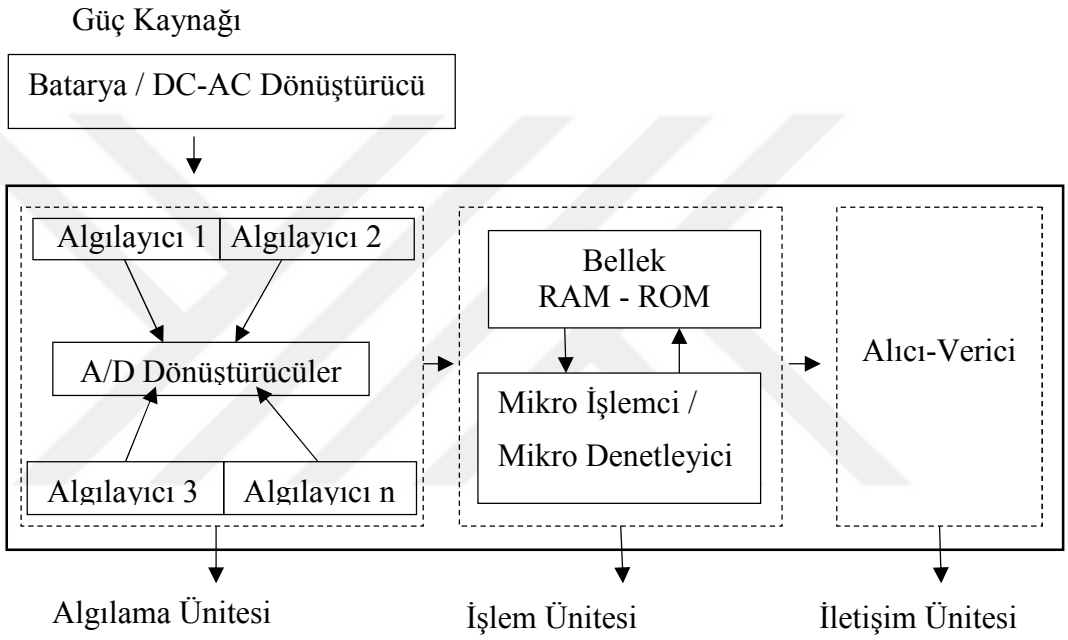
mayınlarının tespitinde, şüphelenilen arazideki kimyasal değerlerin ölçümleri yapılarak mayınların yer tespiti yapılmaktadır. Sağlık hizmetlerinde; insan vücudundaki hayati değerleri ölçerek bir aykırılık durumunda hastaneye veya sağlık ekiplerine sinyal gönderen cihazlarda kullanılmaktadır. Şekil 2.1'de gösterilen ağ yapısı ile hastanın vücudunda bulunan algılayıcı düğümler, verileri toplayarak akıllı altyapıya göndermektedir. Bu altyapıda veriler bir veri tabanında toplanarak hastaneye gönderilebilmektedir. Aynı veriler acil yardım ekipleri tarafından ve hemşireler ile tüm sağlık personeli tarafından akıllı cihazlardan ulaşılabilir olmaktadır. Sağlık personeli akıllı altyapı ile bağlantılı tüm akıllı cihazlardan hastanın geçmiş ve şimdiki sağlık verilerine ulaşabilmektedir. Akıllı ev ve ofis uygulamalarında; algılayıcılar ortamdaki sabit nesneleri ve kişileri izleyerek hareketlilik farkını gözlemlemek için kullanılmaktadır (Ahvar, Daneshgar-Moghaddam, Ortiz & Lee, 2016). Trafik kontrol uygulamalarında; araçların ve sürücülerin trafikteki hareketleri gözlenerek bu veriler güvenli trafik seyri için kullanılmaktadır. Çevre gözlemleri ve hava tahmini uygulamalarında; olası bir doğal afet durumu için yapılan gözlemler değerlendirilir ve önceden haber verilerek önlem alınması sağlanmaktadır.



Şekil 2. 1. Sağlık Hizmeti Kablosuz Algılayıcı Ağ Örneği

WSN, çok sayıda küçük, batarya ile çalışan, kablosuz olarak bağlantı kuran algılayıcı adı verilen cihazdan oluşmaktadır (Akyıldız vd., 2002a; Akyıldız vd., 2002b, Jordt, Baldwin, Raquet & Mullins, 2008; Zhang, Liu, Zhao & Jia, 2012). Bu durumda ağın yaşam süresini ve performansını etkileyen pek çok değişken ortaya çıkmaktadır.

Algılayıcılar batarya ile çalıştığı için sınırlı enerjiye sahiptirler. Kablosuz algılayıcı ağları, genellikle çok sayıda algılayıcı düğümden oluşur (Akyıldız vd., 2002a; Akyıldız vd., 2002b). Algılayıcı düğümler, ortamdaki verilerin toplandığı algılama birimi, toplanan verilerin işlendiği işleme birimi, düğümler arası iletişimi sağlayan alıcı-verici ve düğümün yaşam süresini belirleyen güç birimi olmak üzere Şekil 2.2'de görülen dört birimden oluşmaktadır (Matin & Islam, 2012). Algılayıcı düğümlerin, algılama, işleme ve iletişim olmak üzere üç temel görevi bulunmaktadır.



Şekil 2. 2. Algılayıcı Düğüm Yapısı

Algılayıcı düğümlerin yapısını oluşturan algılama ünitesinin görevi ortamdan bilgi toplamaktır. İşlem ünitesi ile ortamdan elde edilen bilgiler işlenerek faydalı ve gerekli bilgiler elde edilmektedir. İletişim ünitesini oluşturan alıcı-verici ile de işlem görmüş bilgiler bir sonraki rotaya gönderilmektedir.

Bir sağlık uygulaması örneği üzerinden sistem incelendiğinde, algılama ünitesinde bulunan algılayıcılar tarafından toplanan bilgiler algılayıcı düğümlerde işlemlerden geçirilerek iletişim ünitesiyle acil yardım sistemine gönderilmektedir. Alınan bilgiye göre cevap olarak acil yardım ekiplerinin bu düğümün bulunduğu noktada hastaya müdahale etmesi gerekmektedir. Bu durumda iki farklı ihtimal bulunmaktadır:

1. Algılayıcı düğümün yani hastanın konumu bilinmektedir. Böyle bir ihtimalde ekipler hastanın bulunduğu konuma doğru hareket etmektedir.
2. Algılayıcı düğümün yani hastanın konumu bilinmemektedir. Bu ihtimalde öncelikle hastanın konumu tespit edilmelidir. Daha sonra acil yardım ekipleri buraya doğru harekete geçmektedir.

Başka bir örnek ile incelendiğinde, Marmara bölgesinde bulunan algılayıcı düğümlerden biri titreşim saptamaktadır. Bu titreşim bilgisinin zamanla arttığı ve ardından artçı sarsıntıların gelmeye başladığı görülmektedir. Algılayıcı düğümün konumunun bilinmesi durumunda bölgedeki halka yardım ekipleri hemen yola çıkarak can kaybı azaltılabilmektedir. Ancak algılayıcı düğümün konumu bilinmediğinde bölgede can kaybı sayısı artabilmektedir.

Bu iki örnekten anlaşılabileceği gibi düğüm konumunun bilindiği durumda önceden tahmin edilen hasar en aza indirilebilmektedir. Aksi durumda can ve mal kayıpları ortaya çıkmaktadır. Burada düğüm konumunun bilinmesi düğümlerin bilinen konumlarda olması veya bilinen düğümlerden yola çıkarak konumlarının hesaplanması şeklinde iki durum olarak değerlendirilmektedir. Her algılayıcı düğümün konumu her zaman tam olarak bilinememektedir. Bu durumda konumlandırma teknikleri kullanılarak konum tahmini yapılmaktadır.

BÖLÜM 3

KONUMLANDIRMA ALGORİTMALARI

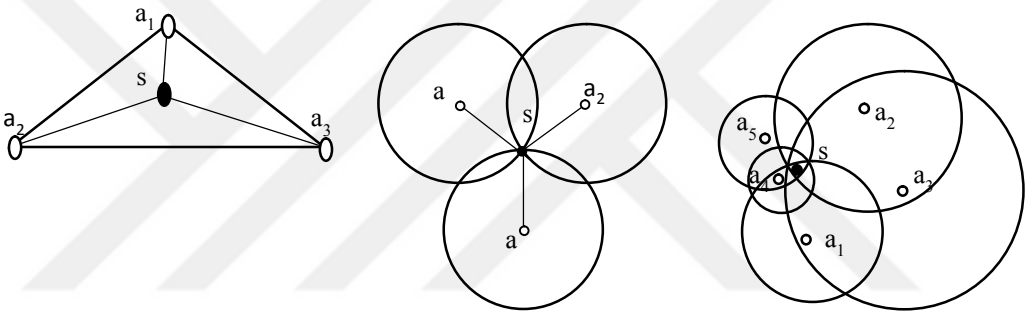
3.1. Mesafe Tahmini Yöntemleri

Algılayıcılar birbiriyle kablosuz bağlantı kurduğu için her zaman tüm algılayıcıların tam konumları bilinmemektedir. Bu nedenle konumu bilinen algılayıcılar kullanılarak algılayıcıların konumlarının belirlenmesi oldukça önemli olmaktadır. Konumlandırma genel olarak, konumu bilinen algılayıcılardan veya konumu bilinmeyen algılayıcılar arası bağlantılardan yararlanarak konumun tespit edilmesidir (Chowdhury vd., 2016). Burada algılayıcılar iki sınıfa ayrılır: işaretçi (beacon) veya bağlantı (anchor) olarak adlandırılan konumu bilinen algılayıcılar ve konumu bilinmeyen algılayıcılar (Saxena, 2014). Bağlantılar, algılayıcıların yalnızca küçük bir bölümünü oluşturmaktadır. Konumu bilinen algılayıcılar yani bağlantılar, konumu bilinen koordinatlara yerleştirilmiş olabilir veya konumu küresel konumlandırma sistemi ile elde edilmiş olabilir (Chowdhury vd., 2016; Safa, 2014; Srinivasan & Wu, 2007).

GPS alıcıları konum tespiti için sıkça tercih edilen donanımlardır. Düğümleri GPS alıcıları ile donatmak dış ortamlarda doğru konum bilgisi elde etmeyi sağlamaktadır. Ancak çok büyük ebatlı ağlarda, örneğin yüzlerce algılayıcı bulunduran ağlarda, GPS alıcıları maliyet artışına neden olmaktadır. Bunların yanında, GPS alıcıları enerji kullanımını arttırmaktadır (Srinivasan & Wu, 2007). Ayrıca, konum bilgisi almak için uydu sinyallerini kullandığı için sinyallerin ulaşımının zor olduğu iç mekânlarda, yoğun ormanlık bölgelerde ve su altı ortamlarda GPS teknolojisinin kullanımı zor olmaktadır.

GPS alıcıları yerine her ortamda kolayca kullanılabilecek, genel ağ maliyetini yükseltmeyen ve hızlı bir şekilde ağa eklenebilecek donanımlar tercih edilmelidir.

Konumlandırma işlemlerinde mesafe tahmini konumun bulunabilmesi için ilk aşama olmaktadır. Düğümler arası mesafeye bağlı konumlandırma yöntemlerinde iki düğüm arası mesafe (örneğin RSSI, ToA, TDoA ile) ve açı (örneğin AoA ile) tahmini yapılmaktadır. Düğümler arası mesafeden bağımsız konumlandırma yöntemlerinde ise düğümler arası atlamalarla mesafe (örneğin DV-Hop, Centroid, APIT gibi yöntemler ile) tahmini yapılmaktadır. Daha sonra ise tahmin edilen mesafelerden yola çıkarak algılayıcıların gerçek konumları hesaplanmaktadır. Mesafe tahmini hesaplama yöntemleri Şekil 3.1'de gösterildiği gibi temel olarak üçe ayrılır (Srinivasan & Wu, 2007).



(a) Üçgenleştirme **(b) Üç kenarlama** **(c)Çok kenarlama**

Şekil 3. 1. Mesafe Tahmin Yöntemleri

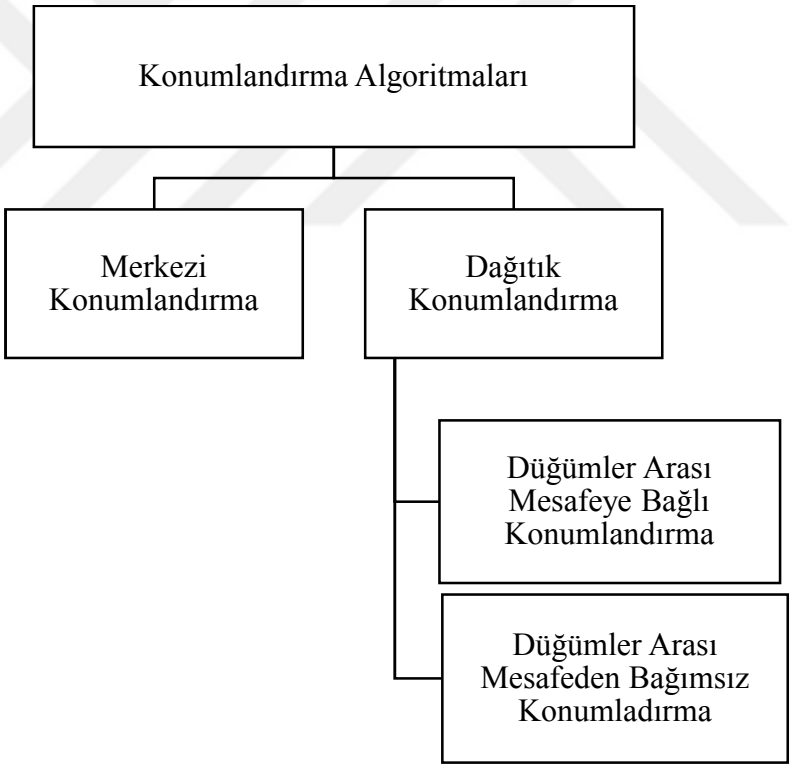
- Üçgenleştirme (Triangulation): Mesafe tahmini hesaplama aşamasında üç başlangıç noktası kullanılarak üçgensel bir alan oluşturularak konumu bilinmeyen algılayıcıya bu noktaların konumları arası mesafe kullanılarak konum tahmini yapılabilmektedir (Tekdaş & İşler, 2010). Bu yönteme üçgenleştirme denir. Üçgenleştirme yönteminde, algılayıcılardan gelen sinyallerin yaptığı açılar kullanılmaktadır.
- Üç kenarlama (Trilateration): Bu yöntemde üç farklı konumda bulunan başlangıç noktaları kullanılarak mesafe tahmini hesaplaması yapılmaktadır. Bu noktalar bir çembersel bölgenin merkezi olarak farz edilmektedir (Cotera, Velazquez, Cruz, Medina & Bandala, 2016). Burada (x, y, d) olarak üç değişken kullanılmaktadır. Bu üç

değişkenden *d*, algılayıcı düğüm ile (x, y) konum bilgileri verilen konumu bilinen düğüm konumu arası tahmin edilen mesafeyi temsil etmektedir.

- Çok kenarlama (Multilateration): Bu yaklaşımda, üç kenarlamadan farklı olarak üçten fazla farklı konumda bulunan başlangıç noktası üzerinde işlem yapılmaktadır. Daha fazla nokta bulunduğu için mesafe tahmini için en iyileme fonksiyonu kullanılmaktadır (Liu, Dong & Song, 2015).

3.2. Konumlandırma Algoritmaları

Kablosuz algılayıcı ağlarında toplanan verilerin doğruluğunun belirlenebilmesi için düğüm konumlarının tam veya yaklaşık olarak bilinmesi gerekmektedir (Eker vd., 2017; Chowdhury vd., 2016). Bu nedenle düğüm konumlarını tespit veya tahmin etmek için algoritmalar kullanılmaktadır. Konum tespitinde kullanılan bu algoritmalar konumlandırma algoritmaları olarak adlandırılmaktadır.



Şekil 3. 2. Konumlandırma Algoritmaları Hiyerarşisi

Konumlandırma algoritmaları Şekil 3.2'de gösterildiği gibi sınıflandırılmaktadır. Konumlandırma algoritmaları genel olarak ikiye ayrılır. Bunlar Merkezi Konumlandırma Algoritmaları ve Dağıtık Konumlandırma Algoritmalarıdır (Pal, 2012).

Dağıtık Konumlandırma Algoritmaları da kendi arasında mesafe tahmin yöntemine göre ikiye ayrılır. Bunlar; Düğümler arası mesafeye bağlı (Range-based) Konumlandırma Algoritmaları ve Düğümler arası mesafeden bağımsız (Range-free) Konumlandırma Algoritmalarıdır (Srinivasan & Wu, 2007; Zhang vd., 2012; Stanoev, Filiposka, In & Kocarev, 2016). Merkezi Konumlandırma Algoritmaları, algılayıcılardan elde ettiği verileri tek bir merkezde toplar. Dağıtık Konumlandırma Algoritmaları, algılayıcılardan toplanan veriler birkaç farklı algılayıcıda ayrı ayrı işlenir.

3.2.1. Merkezi Konumlandırma Teknikleri

Merkezi konumlandırma tekniklerinin ağ yapısında bir merkez istasyon bulunmaktadır. Bu istasyon, algılayıcılarda toplanan tüm verilerin bir araya getirilerek işlendiği yerdir. Her algılayıcı kendi hakkındaki konum bilgisini merkez istasyona iletmektedir. Tüm algılayıcılardan gelen bilgiler kullanılarak ağ haritası çıkarılmaktadır. Böylece mesafe tahminleri yapılmaktadır (Patwari vd., 2005). Bu ağ yapısı, algılayıcılar ve merkez istasyon arasındaki iletişim yoğunluğu sebebiyle enerji kaynağını çok yoğun kullanılmaktadır. Bu yoğun enerji kullanımı ağ ömrünü kısaltmaktadır. Merkezi konumlandırmada her düğümde hesaplama yapılmaması bir avantaj olarak görülebilir. Ancak tüm veriye merkezden ulaşılması zor olduğu için ağ yapısının tam olarak ölçeği hesaplanamamaktadır. Bu da tekniğin dezavantajı olarak görülmektedir. Merkezi konumlandırma tekniklerine, Çok Boyutlu Ölçeklendirme-Hareket Destekli Programlama (Multi Dimensional Scaling- Mobility Assisted Programming (MDS-MAP)), Benzetimli Tavlama Tabanlı Konumlandırma (Simulated Annealing based Localization (LBSA)) örnek olarak verilebilir.

3.2.1.1. Çok Boyutlu Ölçeklendirme Haritası Tabanlı Konumlandırma

Çok Boyutlu Ölçeklendirme Haritası tabanlı konumlandırma yaklaşımında, konumu bilinmeyen algılayıcılar alınır ve her ikili algılayıcı çifti arasındaki mesafeler ölçülmektedir (Shang, Ruml & Fromherz, 2003). MDS-MAP yaklaşımı ile üç adımda mesafe tahmini gerçekleştirilmektedir. Birinci adımda, incelenen kablosuz algılayıcı ağının belirlenen bölgesindeki bütün algılayıcı düğüm çiftleri arasındaki en kısa yol hesabı Denklem 31.'deki şekilde yapılmaktadır. Bu hesaplama için Denklem 3.2'de gösterilen Öklid mesafe matrisi, Dijkstra (Dijkstra, 1959) veya Floyd-Warshall (Floyd,

1962; Warshall, 1962) algoritmaları gibi yöntemlerle kullanılmaktadır. En kısa yol hesabı ile elde edilen mesafe, MDS ile düğümlerin Denklem 3.3'de gösterilen konum değerlerini hesaplamak için kullanılmaktadır. Elde edilen mesafeler Denklem 3.4'de gösterildiği şekilde klasik MDS mesafe matrisine uygulanmaktadır. Hesaplanan en kısa yol mesafesi, MDS mesafe matrisi oluşturulmasında kullanılmaktadır. İkinci adımda, incelen bölgedeki algılayıcılar içerisinden tespit edilen en büyük iki öz değer ve öz vektör ile algılayıcılar arası ilişki haritası oluşturulmaktadır. Bu harita her bir algılayıcı düğümün konumunu vermektedir. Üçüncü adımda, yeterli hedef düğümün konumuna dayanarak ilişki haritası hedef düğümlerin kesin konumlarının bulunduğu son haritaya dönüştürülmektedir. Nihai amaç, son haritaya dönüştürülen konumlar ve hedef düğümlerin gerçek konumları arasındaki hataların karelerinin toplamını minimum yapmaktır.

$$\delta_{ij} = \|x_i - x_j\| \tag{3.1}$$

Öklid mesafe matrisi $D = (\delta_{ij})$ (3.2)

MDS ile $X = [x_{1,\ldots\ldots}, x_N]$ bulunmaya çalışılmaktadır. (3.3)

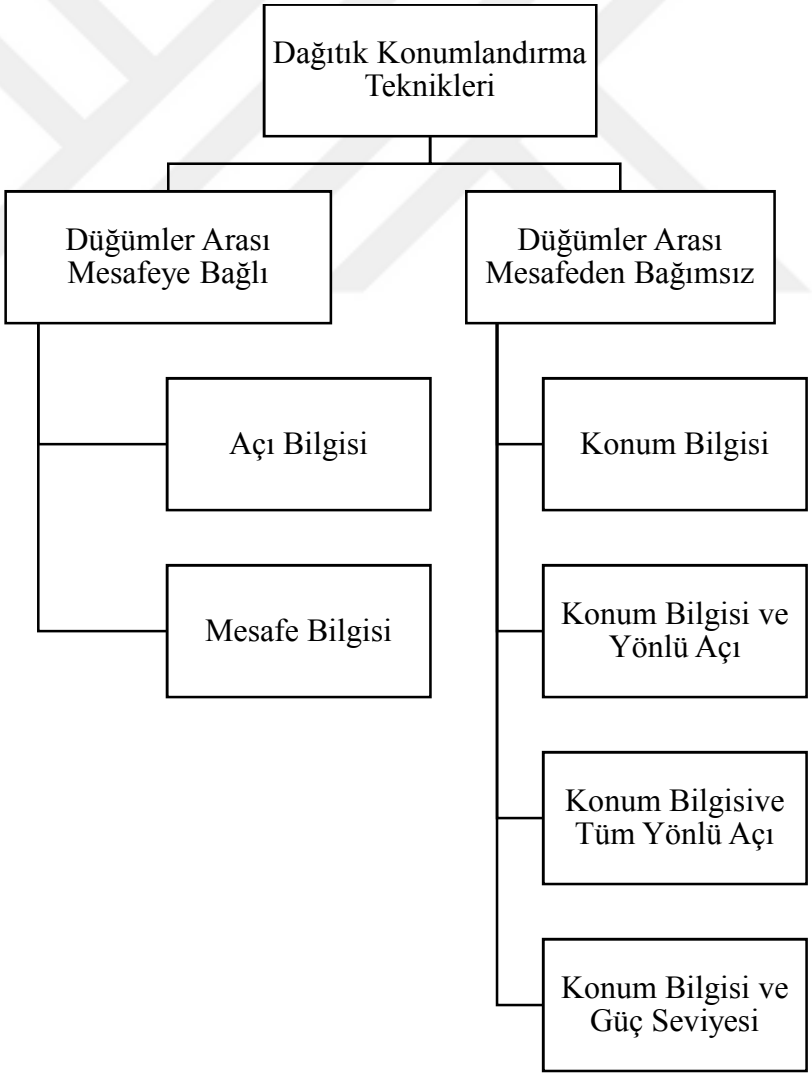
Klasik MDS mesafe matrisi: $\Delta := \begin{pmatrix} \delta_{1,1} & \cdots & \delta_{1,N} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ \delta_{N,1} & \cdots & \delta_{N,N} \end{pmatrix}$ (3.4)

3.2.1.2. Benzetimli Tavlama Tabanlı Konumlandırma

Merkezi konumlandırma tekniklerinde, konumu bilinen merkez istasyon ve konumu bilinmeyen algılayıcılar arasında mesafe tahmini yaparak konum belirleme işlemleri uygulanmaktadır. Bu konum belirleme sürecinde hesaplamalar hem merkez istasyona olan mesafeye hem de algılayıcıların birbirine olan komşuluk mesafelerine dayanarak hesaplanmaktadır. Komşuluk hesaplanırken elde edilen en hatalı mesafe her zaman gerçek komşuluk mesafesini vermeyebilir. Burada hesaplanan hatalar mesafe hesabı için yeterli olmayabilir. Benzetimli Tavlama tabanlı Konumlandırma ile bu hatalı hesaplamaları en aza indirmek için en az hata verisi her zaman kullanılmaz ve bazen rastgele olarak sıçramalar yapılmaktadır (Kannan, Mao & Vucetic, 2006).

3.2.2. Dağıtık Konumlandırma Teknikleri

Dağıtık Konumlandırma tekniklerinin ağ yapısında, merkezi konumlandırma tekniklerinde olduğu gibi merkez istasyon bulunmamaktadır. Bunun yerine, konumları bilinen bağlantı adı verilen algılayıcılar bulunmaktadır (Safa, 2014). Burada konumu bilinen algılayıcıların sayısı konumu bilinmeyen algılayıcıların sayısından daha azdır. Bağlantılar, çok sayıda merkez istasyon gibi düşünülebilir. Konumu bilinmeyen algılayıcıların konum bilgileri ve topladıkları bilgiler ile mesafe tahmini ve konum belirleme işlemleri bu bağlantılarda gerçekleştirmektedir (Mao, Fidan & Anderson, 2007). Tek bir merkez istasyon yerine çok sayıda bağlantı kullanılması ile merkez istasyonun iletişim yoğunluğu azaltmaktadır. Böylece toplanan bilgilerin zarar görmesi ve hatalı sonuçlar elde edilmesi önlenmiş olur.

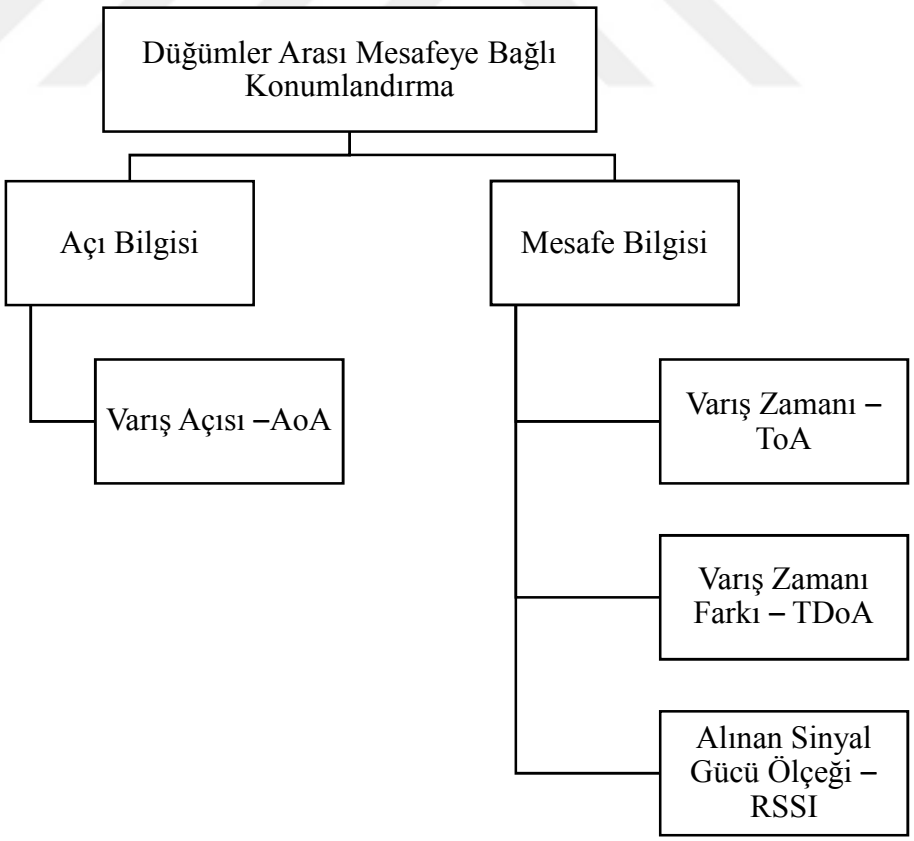


Şekil 3. 3. Dağıtık Konumlandırma Teknikleri Hiyerarşisi

Dağıtık konumlandırma teknikleri düğümler arası mesafe ölçümlerine göre, Düğümler arası mesafeye bağlı (Range-based) ve Düğümler arası mesafeden bağımsız (Range-free) olarak Şekil 3.3'de gösterildiği gibi iki gruba ayrılmaktadır (Srinivasan & Wu, 2007; Zhang vd., 2012; Stanoev vd., 2016). Düğümler arası mesafeye bağlı konumlandırma, konum tahmininde kullandığı bilgiye göre iki sınıfa ayrılırken; düğümler arası mesafeden bağımsız konumlandırma, konum tahmininde kullandığı bilgiye göre dört sınıfa ayrılabilmektedir.

3.2.2.1. Düğümler Arası Mesafeye Bağlı Konumlandırma Teknikleri

Düğümler arası mesafeye bağlı konumlandırma tekniklerinde, algılayıcı düğümler arası mesafe veya açı bilgisi kullanılarak konum tahmini yapılmaktadır. Burada mesafenin gerçeğe en yakın şekilde bulunabilmesi için gönderici ve alıcı düğümler arasındaki mesafe için bazı tahmin yöntemlerinin kullanılması gerekmektedir. Tahmin yöntemlerinden elde edilen tahmini değerler ile düğümün konum bilgileri hesaplanabilir.



Şekil 3. 4. Düğümler Arası Mesafeye Bağlı Konumlandırma Hiyerarşisi

Düğümler arası mesafe tabanlı konumlandırma tekniğinde, düğümler arası mesafe ölçümünde özel donanıma ihtiyaç duyulmaktadır (Halder & Ghosal, 2016). Algılayıcıların gönderdiği radyo sinyalleri kullanılarak, bazı geometrik hesaplamalardan yararlanılarak tahmin sürecinde kullanılacak veriler elde edilmektedir (Sahoo & Hwang, 2011). Düğümler arası mesafeye bağlı konumlandırma teknikleri Şekil 3.4'de gösterildiği gibi Varış Açısı (Angle of Arrival (AoA)) tabanlı konumlandırma, Varış Zamanı (Time of Arrival (ToA)) tabanlı konumlandırma, Varış Zamanı Farkı (Time Difference of Arrival (TDoA)) tabanlı konumlandırma, Alınan Sinyal Gücü Ölçeği (Received Signal Strength Indicator (RSSI)) tabanlı konumlandırma olarak gruplandırılabilir.

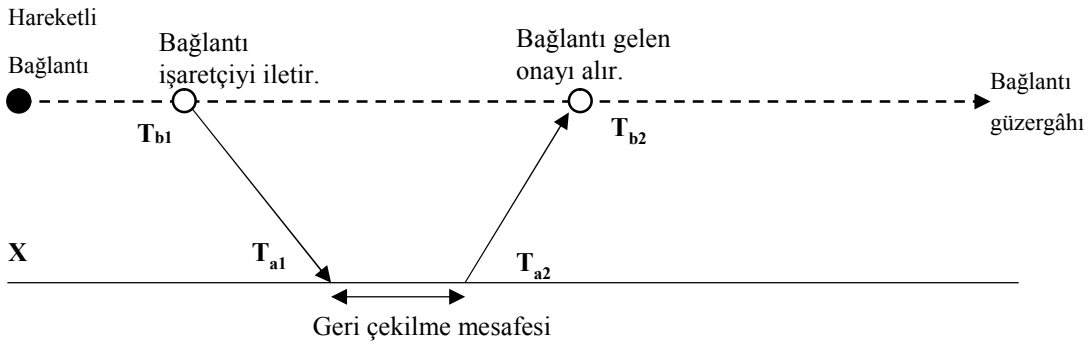
3.2.2.1.1. Varış Açısı Tabanlı (Angle of Arrival (AoA)) Konumlandırma

Konumlandırma tekniklerinde, radyo frekans ve ultrasonik dalgalar olmak üzere iki farklı sinyal türü kullanılmaktadır (Khan, Khan, Khan & Khan, 2014). Kablosuz algılayıcı ağlarında yapılan mesafe ölçümü, açı ölçümü ve sinyalin antenden hangi açı ile geldiği gibi ölçümlerde genellikle radyo frekansları üzerinde çalışılmaktadır (Mao vd., 2007). Bu durumda, konumu bilinmeyen algılayıcı düğümleri için konumlandırma yapmadan önce yapılan düğümler arası mesafe tahminleri radyo frekansları kullanılarak yapılmaktadır.

Varış Açısı tabanlı konumlandırma tekniğinde, bir algılayıcıya farklı algılayıcılardan gelen radyo frekans sinyallerinin geliş açıları arasındaki farklılıklar gözlemlenerek mesafe tahmini yapılmaktadır (Srinivasan & Wu, 2007; Pal, 2012; Mao vd., 2007). Burada yapılan mesafe tahmini için, sinyallerin varış zamanları arasındaki zaman farkları kullanılmaktadır.

3.2.2.1.2. Varış Zamanı Tabanlı (Time of Arrival (ToA)) Konumlandırma

Konumu bilinen bağlantıların hareketli olduğu durumda, bu bağlantılar kendi güzergâhları üzerinde ilerlerken algılayıcılara işaretçi bir sinyal göndermektedir. Bu sinyale karşılık algılayıcılar da bağlantıya bir cevap göndermektedir. Varış zamanı tabanlı konumlandırma için ölçüm iki adımda gerçekleştirilmektedir (Halder & Ghosal, 2016).



Şekil 3. 5. Varış Zamanı Şeması

Birinci adımda, hareketli bağlantı, konumu bilinmeyen algılayıcıya işaret sinyali göndermektedir. İkinci adımda ise, konumu bilinmeyen algılayıcı hareketli bağlantıya cevap olarak bir onay mesajı göndermektedir (Sayih, Rahma & Yagoub, 2015). Bu iki adım arasında sinyallerin ulaştığı mesafeler arası fark ölçülmektedir. Bu ölçüm için öncelikle sinyali gönderen bağlantı ve sinyali alan algılayıcı arasındaki mesafe bağlantıdan algılayıcıya doğru Denklem 3.5'de olduğu gibi tahmin edilmektedir. Daha sonra onay gönderirken ise algılayıcıdan bağlantıya doğru Denklem 3.6'de olduğu gibi mesafe tahmini yapılmaktadır. Bu tahmin işlemleri için Öklid mesafe tahmin yöntemi kullanılmaktadır.

Bağlantıdan algılayıcıya mesafe tahmini$d_{ba} = c * (T_{b1} - T_{a1})$ (3.5)

Algılayıcıdan bağlantıya mesafe tahmini:$d_{ab} = c * (T_{a2} - T_{b2})$ (3.6)

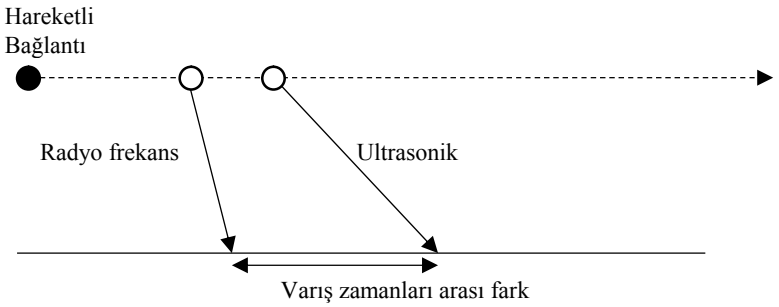
Bu iki mesafe tahmini yapıldıktan sonra aynı ikili arasındaki mesafe ölçümü yapıldığı için bu mesafelerin ortalaması alınarak Şekil 3.5'de görülen geri çekilme mesafesi tahmini tamamlanmış olur. Geri çekilme mesafesi Denklem 3.7'deki şekilde hesaplanabilir.

Geri çekilme mesafesi : $\frac{d_{ba}+d_{ab}}{2} = \frac{c}{2}[(T_{b1} - T_{a1}) + (T_{a2} - T_{b2})]$ (3.7)

3.2.2.1.3. Varış Zamanı Farkı (Time Difference of Arrival (TDoA)) Tabanlı Konumlandırma

Varış zamanı farkı tabanlı konumlandırma ile hareketli bağlantının gönderdiği iki farklı sinyal türünün algılayıcıya varış zamanları arasındaki fark bulunarak mesafe tahmin edilmektedir (Singh, Shakya & Singh, 2015). Burada kullanılan sinyal türleri

radyo frekans sinyalleri ve ultrasonik sinyallerdir (Halder & Ghosal, 2016). Bunun yanı sıra sinyaller aynı bağlantıdan aynı algılayıcıya doğru gönderilmektedir. Hareketli bağlantı gönderdiği sinyal türünü aynı aralıklarla değiştirmektedir. Böylece periyodik olarak iki sinyal türü de iletilmiş olmaktadır.



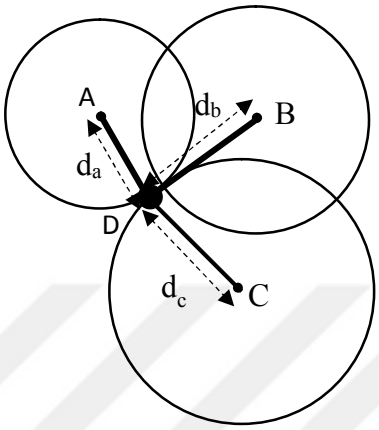
Şekil 3. 6. Varış Zamanı Farkı Şeması

Varış zamanı farkı şeması Şekil 3.6'da gösterilmektedir. Hareketli bağlantı öncelikle radyo frekansı sinyallerini algılayıcıya iletmektedir. Ardından çok kısa bir süre ultrasonik sinyallerini iletmektedir. Algılayıcıya varan sinyaller arası süre farkı mesafe farkının tahmin edilmesinde kullanılmaktadır.

3.2.2.1.4. Alınan Sinyal Gücü Ölçeği (Received Signal Strength Indicator (RSSI)) Tabanlı Konumlandırma

Alınan sinyal gücünün mesafe tahmini için algılayıcılar arası mesafeye dönüştürülerek kullanıldığı yöntem RSSI tabanlı konumlandırmadır (Pal, 2012; Mao vd., 2007; Singh vd., 2015; Sayih vd., 2015). Alınan sinyal gücünün işlenmesine dayalı olan yöntem üç adımda gerçekleştirilebilir. Birinci adımda, kablosuz algılayıcı ağının kullandığı radyo frekans sinyallerinin haritalaması yapılmaktadır. Bu haritalama işlemi için, en az üç konumu bilinen algılayıcı düğümden konumu bilinmeyen algılayıcı düğüme farklı güç seviyelerinde küçük paketler gönderilmektedir. Üç farklı noktadan bilinmeyen algılayıcı düğüme gelen sinyal güçleri hesaplanarak mesafe hesabı yapılmaktadır. İkinci adımda, bu tahmin edilen mesafeler ile çembersel bölgeler elde edilmektedir. Son adımda, başlangıç değeri olarak kullanılan noktaların oluşturduğu çemberlerin kesiştiği nokta bilinmeyen algılayıcının konumunu vermektedir. Eğer bu hesaplama için üçten fazla konumu bilinen algılayıcı düğüm kullanılıyorsa, son aşamada problem en iyileme problemi olarak çözülmektedir. Radyo frekanslarının iç

mekânlarda sinyal gücü azaldığı için mesafe tahmini yapmak zorlaşmaktadır. Sinyal yayılması sırasında meydana gelen yayılma kayıplarının mesafe tahminine çevrildiği bir yöntemdir. Bu nedenle bu yöntem dış ortam için uygulanması daha kolay bir yöntemdir. Algılayıcı düğüm iletişim ünitesindeki alıcı-verici tüm düğümlerde bulunduğunda bu yöntem kolay olduğu kadar ucuz olma özelliği de taşımaktadır.

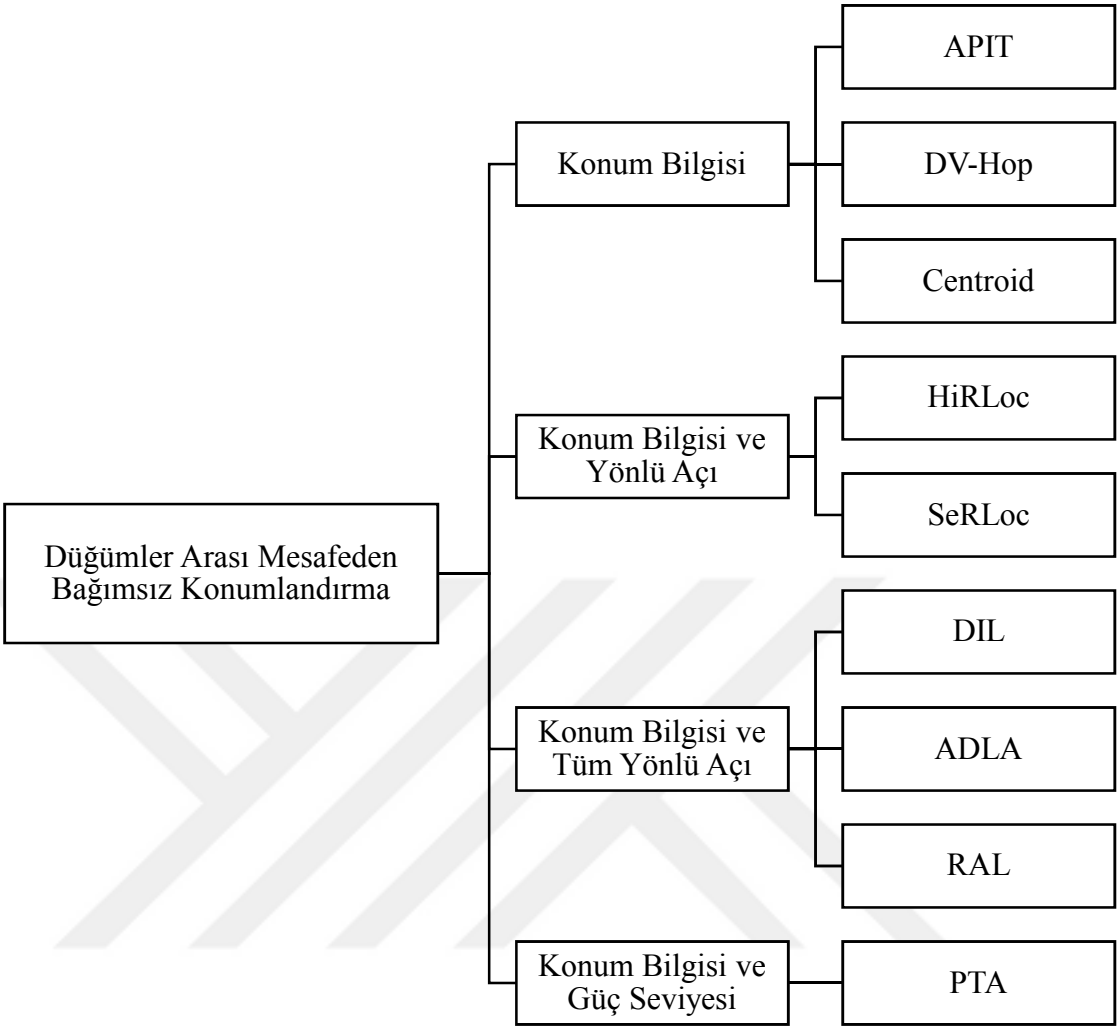


Şekil 3. 7. Konumu Bilinen Düğümler Yardımıyla RSSI Tabanlı Konumlandırma

Şekil 3.7'de A, B ve C noktaları konumları bilinen işaretçi düğümleri temsil etmektedir. D ile gösterilen nokta ise konumu bilinmeyen algılayıcı düğümü temsil etmektedir. Bu şekil ile ikinci adımda tahmin edilmiş olan mesafeler temsili olarak gösterilmektedir.

3.2.2.2. Düğümler Arası Mesafeden Bağımsız Konumlandırma Teknikleri

Düğümler arası mesafeden bağımsız konumlandırma tekniklerinde bir algılayıcı düğümünden diğer algılayıcı düğüme olacak şekilde mesafe tahmini gerçekleştirilememektedir. Bunun yerine konumu bilinmeyen algılayıcı düğümlerin kendi aralarında birbirleri ile iletişim bilgileri incelenerek konum tahmini yapılmaktadır. Algılayıcı düğümler arasında sinyal, varış zamanı veya açı gibi değişken ölçümleri yapılamamaktadır. Düğümler arası mesafeden bağımsız konumlandırma tekniklerinde, düğümler arası mesafeye bağımlı konumlandırma tekniklerinde olduğu gibi doğrudan mesafe ölçümü yapılmadığı için ekstra bir donanıma ihtiyaç duyulmamaktadır (Halder & Ghosal, 2016). Bu nedenle düğümler arası mesafeden bağımsız konumlandırma maliyet açısından daha uygulanabilir bir teknik olmaktadır.



Şekil 3. 8. Düğümler Arası Mesafeden Bağımsız Konumlandırma Hiyerarşisi

Düğümler arası mesafeden bağımsız konumlandırma teknikleri, konum tahmininde kullanılan bilgilere göre dört gruba ayrılabilmektedir. Konum tahmininde kullandığı bilgiye göre konumlandırma algoritmalarının hiyerarşik gösterimi Şekil 3.8'de gösterilmektedir. Konum bilgisinin kullanıldığı, Üçgensel Bölgede Yaklaşık Nokta (Approximate Point in Triangulation (APIT)), Mesafe Vektörü Atlamalı konumlandırma (DV-Hop) ve Centroid konumlandırma ilk grubu oluşturmaktadır. Konum bilgisi ve antenlerin yönlü açısını kullanan Düğümler Arası Mesafeden Bağımsız Yüksek Çözünürlüklü Konumlandırma (High-Resolution Range-Independent Localization (HiRLoc)) ve Düğümler Arası Mesafeden Bağımsız Güvenli Konumlandırma (Secure Range-independent Localization (SeRLoc)) algoritmaları ikinci grubu oluşturmaktadır. Üçüncü grupta konum bilgisi ve yönsüz anten açısı kullanan Dağıtık konumlandırma (DIL), Etkin Dağıtık konumlandırma (ADLA) ve

Sınırlı Erişim Alanı Tabanlı konumlandırma (RAL) algoritmaları yer almaktadır. Son grupta konum bilgisi ve güç seviyesi kullanılan Güç Ayarlayan Bağlantıların konumlandırılması (PTA) algoritması yer almaktadır.

3.2.2.2.1. Üçgensel Bölgede Yaklaşık Nokta (Approximate Point in Triangulation (APIT))

APIT tekniğinin ağ yapısında, kendi konum bilgilerine sahip düğümler bulunmaktadır. Ağda bulunan diğer algılayıcı düğümler bu konumu bilinen düğümlerle üçgensel bölgeler oluşturacak şekilde birleştirilmektedir. Üçgensel bölgeler iç açılar olarak değil dış açılar ile de üçgensel özellik taşıyabilmektedir. Burada elde edilen üçgensel bölgeler kullanılarak konum tahmini yapılmaktadır. Bu teknik alan tabanlı bir konumlandırma tekniğidir (Sharma & Malhotra, 2015). Öncelikle konumu bilinen ve konumu bilinmeyen düğümlerden oluşturulacak üçgensel bölgelerin sayısına karar verilmektedir. Ardından dört aşamada APIT tekniği uygulanmaktadır. Birinci aşamada, konumu bilinen düğümlerden konum bilgisi, kimlik bilgisi, sinyal gücü derecesi gibi konum belirlemeye yardımcı olacak bilgiler toplanmaktadır. İkinci aşamada, konumu bilinmeyen düğümler için APIT testi uygulanmaktadır. APIT testi, konumu bilinmeyen algılayıcı düğümlerin oluşturulan üçgensel bölgelerin neresinde bulunduğunun tespit edilmesidir. Bu test ile düğümlerin üçgen içinde veya dışında olma durumları incelenmektedir. Üçüncü aşamada, konumu bilinmeyen algılayıcı düğümlerin üçgenin iç bölgesinde bulunduğu test sonuçları için tüm üçgenlerin çakışan alanı hesaplanmaktadır. Son adımda, elde edilen alanın merkezi ve konumu bilinmeyen düğümün konumu hesaplanmaktadır.

3.2.2.2.2. Mesafe Vektörü Atlamalı (DV – Hop) Konumlandırma

Mesafe vektörü atlamalı konumlandırma, mesafe vektörlerini ve atlamaları kullanarak konum tahmini yapmaktadır (Safa, 2014; Safa & Yassine, 2012). WSN'de bulunan konumu bilinen bir düğüm kendi konumunu kendisine tek atlama uzaklıkta düğüme iletmektedir. Bu bilgi ile bu iki düğüm arasındaki mesafe hesaplanmaktadır. Ayrıca konumu bilinen düğüm bu mesajla atlama sayacı (hop-counter) olarak tanımlanan bir değişken ile tuttuğu atlama sayısını da düğüme iletmektedir. Tüm düğümler birbirine kendi bilgilerini içeren mesajlar iletmektedir. Her düğüm kendisine ulaşan bu mesajlar içerisinde atlama sayacı en küçük olan değerleri ve konum bilgilerini

saklamaktadır. Diğer mesajlarda bulunan yüksek atlama sayaçları, konum bilgileri ile birlikte göz ardı edilebilmektedir. Düğümler birbirine eşit uzaklıkta yerleşmediğinden düğümler arası atlama boyutu her zaman birbirine eşit değildir. Bu nedenle tek bir atlama için ağdaki atlama boyutu aralarında atlamanın gerçekleştiği iki düğümün konumları arasındaki mesafenin atlama mesafesine bölünmesiyle bulunmaktadır.

Burada i ve j konumlarında olmak üzere iki tane algılayıcı düğüm olduğu varsayıldığında. h_i i düğümünden j düğümüne olan atlama mesafesini temsil ederse atlama boyutu Denklem 3.8 ile hesaplanabilmektedir.

$$\text{Atlama Boyutu} = \frac{\Sigma\sqrt{(x_i - x_j)^2 + (y_i - y_j)^2}}{\Sigma h_i} \tag{3.8}$$

3.2.2.2.3. Centroid Konumlandırma

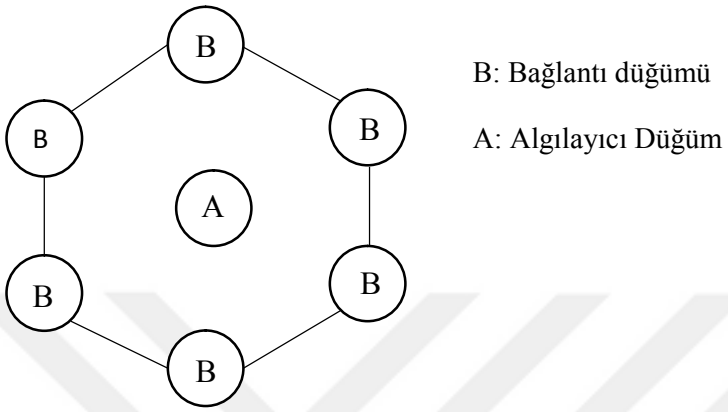
Centroid konumlandırma tekniği düğümlerin birbiriyle bağlantısı ve düğüm yoğunluğuna dayalı olarak kullanılan bir tekniktir (Saxena, 2014; Singh vd., 2015; Sharma & Malhotra, 2015). Centroid konumlandırma tekniği ile düğümlerin birbirine olan yakınlıkları kullanılmaktadır. Konumları bilinen bağlantı düğümlerinin konum bilgileri kullanılarak bilinmeyen algılayıcı düğümün konum tespiti yapılmaktadır. Bu teknikte bağlantı düğümlerinin bilinen konum bilgilerine dayanarak algılayıcı düğümlerin konum tespiti yapıldığı için çok sayıda bağlantı düğümüne ihtiyaç duyulmaktadır. Bağlantı düğümlerinin ağdaki sayısı arttıkça algılayıcı düğüm konumunun doğruluğu da o oranda yüksek olmaktadır. Bu teknik ile ek bir donanıma ihtiyaç duyulmamaktadır. Bu nedenle ağ maliyeti düşük olmaktadır. Konum tahmini için yapılan işlemler daha az veri içerdiği için işlem karmaşıklığı azalmaktadır. Ancak kullanılan bağlantı düğümlerinin sayısı fazla olduğu için hesaplama süresi uzun sürmektedir.

Bu teknik ile konumu bilinen bağlantı düğümlerinin konumu bilinmeyen algılayıcı düğümü ortada bir nokta alarak etrafına yerleştiği düşünülmektedir.

Şekil 3.9'da Centroid konumlandırmanın uygulanabileceği bir kesit gösterilmektedir. Burada B ile gösterilen bağlantı düğümleri (x_i, y_i) şeklinde konum bilgisine sahiptir. Şeklin ortasında yer alan ve A ile gösterilen konumu bilinmeyen algılayıcı düğümün konum tahmini bağlantı düğümlerinin konum bilgileri kullanılarak tahmin edilir.

Şekildeki A algılayıcı düğümü için konum bilgisi (x_A, y_A) şeklinde ifade edilsin. Konumu bilinen bağlantı düğümlerinin sayısı m olsun. Bu durumda A algılayıcı düğümünün konumu Denklem 3.9'da gösterildiği şekilde tahmin edilebilir.

$$(x_A, y_A) = \left(\frac{x_1+x_2+\cdots+x_m}{m}, \frac{y_1+y_2+\cdots+y_m}{m}\right) \quad (3.9)$$



Şekil 3. 9. Centroid Konumlandırma

3.2.2.2.4. Etkin Dağıtık Konumlandırma (Active Distributed Localization (ADLA)) Algoritması

Etkin dağıtık konumlandırma algoritması (ADLA), diğer konumlandırma algoritmalarında olduğu gibi bağlantı düğümlerinin konum bilgilerine ve düğümler arası bağlantılara dayanarak aralıktan bağımsız basit bir dağıtık konumlandırma tekniğidir (Saxena, 2014; Singh vd., 2015; Sharma & Malhotra, 2015).

Konum tahmini yapılacak algılayıcı düğümlerin tespit edilebilmesi için kılavuza benzeyen bir yapıdan oluşur. Bu kılavuz şeklindeki yapı tüm ağ mimarisini içine almaktadır.

Temel olarak algoritma düğümlerin yerleştirildiği A alanı, N algılayıcı düğümleri, B bağlantı düğümleri, d_N ağdaki algılayıcı düğüm yoğunluğu ve d_B ağdaki bağlantı düğüm yoğunluğu elemanları üzerinden çalışmaktadır. Genel dağıtık konumlandırılmış bir ağ yapısına sahip olarak B bağlantı düğümleri bilinen konumlara yerleştirilirken N algılayıcı düğümleri rastsal olarak yerleştirilmektedir. Burada kullanılan bağlantılar sabit ve bağlantı antenleri yönsüz olmaktadır. Bağlantı konumlarından algılayıcı düğümlerin konumları tahmin edilerek kesişim bölgesi (Region of Intersection (ROI))

hesaplanmaktadır. Bağlantı düğümlerinin konumları ve açı bilgileri kullanılarak kesişim bölgesi elde edilmektedir. Algılayıcı düğümler bu kesişim bölgesi içerisinde bulunmaktadır.

3.2.2.2.5. Güvenli Konumlandırma Algoritmaları

Kablosuz ağlayıcı ağlarında, algılayıcı arası iletişim kablosuz olarak gerçekleştiği ve alıcılar ve vericiler arasındaki mesafeler büyük olduğu için ağ yapısının saldırıya uğraması karşılaşılan problemlerden biri olmaktadır (Srinivasan & Wu, 2007; Ammar, Eidawy & Youssef, 2010; Jiang, Han, Zhu, Dong & Zhang, 2011). Bu saldırılarda tek bir düğüm hedef alınabileceği gibi iki veya daha fazla düğüm de saldırılara hedef olabilmektedir. Saldırılara hedef olan düğüm sayısına göre saldırı türü farklılık göstermektedir. Tek bir düğüm saldırının hedefinde ise Replay saldırısı olarak adlandırılmaktadır. Eğer saldırı hedefinde iki düğüm varsa Solucan deliği (Wormhole) saldırısı, daha fazla düğüm hedef alınıyorsa Sybil saldırı olarak adlandırılabilmektedir.

Replay saldırısı ile bir gönderici ve bir alıcı düğümün olduğu bir iletişim tercih edilmektedir. Burada bilgi ileten gönderici düğüm hedef alınmaktadır. Gönderilen mesaj kopyalanmakta ve değiştirilmektedir. Daha sonra bu mesaj gönderici düğümden gönderilen orijinal mesaj olarak alıcı düğümlere gönderilmektedir. Bu saldırı hatalı konum tahminine neden olmaktadır. Solucan deliği olarak adlandırılan saldırı türünde ise iki gönderici konumundaki düğüm saldırının hedefinde olmaktadır. Burada bir gönderici (G) düğüm iki farklı alıcı (A_1 ve A_2) düğüme konum bilgisi göndermektedir. Bu alıcı düğümlerden biri (A_2) kötü amaçlı başka bir düğüm (A_3) ile aralarındaki solucan deliğini kullanarak ilk düğümden aldığı konum bilgisini diğerine iletmektedir. Solucan deliğinden alınan konum bilgisi (G düğümünün konum bilgisi), solucan deliğindeki düğümün (A_2) konumu olarak ağdaki bir düğüme (D) iletilmektedir. Burada D düğümü A_2 düğümünün konumu olarak G düğümünün konum bilgisini almaktadır. Sybil saldırı ise Replay saldırısına benzemektedir. Aralarındaki tek fark Replay saldırısında tek bir düğümünün konum bilgilerini taşıyan mesaj, Sybil saldırıda birden çok düğümün konum bilgisini taşımaktadır.

Var olan güvenli konumlandırma tekniklerin ikisi Güvenli Aralıktan bağımsız Konumlandırma (Secure Range-independent Localization (SeRLoc)) ve Düğümler

Arası Mesafeden Bağımsız Yüksek Çözünürlüklü Konumlandırma (High-Resolution Range-Independent Localization (HiRLoc)) teknikleridir.

3.2.2.2.5.1. Düğümler Arası Mesafeden Bağımsız Yüksek Çözünürlüklü Konumlandırma (High-Resolution Range-Independent Localization (HiRLoc))

Düğümler arası mesafeden bağımsız yüksek çözünürlüklü konumlandırma tekniğinde (HiRLoc), konum tahmini algılayıcılar arası mesafe ölçümleri yapılmadan gerçekleştirilmektedir (Srinivasan & Wu, 2007; Saxena, 2014; Singh vd., 2015; Sayih vd., 2015; Ammar vd., 2010; Jiang vd., 2011; Lazos & Poovendran, 2006). Bu ölçümler kullanılmadığı için ToA, AoA veya RSS gibi bilinen konum tahmin teknikleri kullanılamamaktadır. Bunun yerine aralıktan bağımsız tekniklerde kullanılan algılayıcı düğümler arası ilişkiler tahmin için kullanılmaktadır. Bilinen aralıktan bağımsız konumlandırma tekniklerinde genellikle konumu bilinen bağlantı düğümünün konum bilgileri kullanılarak algılayıcı düğümün konumu tahmin edilmektedir. Aralıktan bağımsız yüksek çözünürlüklü konumlandırma tekniğinde ise bağlantı düğümlerinden iletilen bilgiler dikkate alınarak konum tahmini yapılmaktadır.

Algılayıcı düğümler başlangıç olarak kendi bağlantı düğümlerine karar vermektedir. Bağlantı düğümleri içinde kendi konumları, iletişim aralığı ve anten başlangıç açısı olan işaretçileri algılayıcılara göndermektedir. Bu işaretçiler küresel bir kodlayıcı ile şifrelenmiş bir şekilde algılayıcı düğümlere iletilmektedir. Böyle bir yöntem kullanılarak ağın iletişiminin saldırıya uğramasının önüne geçilmiş olur. Bağlantılar anten açılarını ve iletişim aralıklarını değiştirerek aynı algılayıcı düğüme pek çok işaretçi göndermektedir. Algılayıcı düğüm alınan bu işaretçilerin oluşturduğu kesişim bölgesini kullanarak konum tahmini yapmaktadır. Bu durumda her algılayıcı kendi konum tahminine kendisi karar vermektedir. Böyle bir durumda çok sayıda bağlantı düğümüne, mesafe ölçümüne ve bağlantı düğümü ile algılayıcı düğüm arası mesafe tahmin işlemlerine ihtiyaç duyulmamaktadır.

Aralıktan bağımsız yüksek çözünürlüklü konumlandırma tekniğinde kullanılan şifreleme yöntemi ağı içerden ve dışarıdan oluşabilecek saldırılara karşı korurken aynı zamanda elde edilen konum tahminlerinin daha doğru ve güçlü olmasını sağlamaktadır. Küresel anahtarlı şifreleme tekniği ile solucan deliği ve Sybil saldırılara karşı önlemler

alınmaktadır. Sybil saldırı türünde kötü amaçlı düğümün göndereceği kopyalanmış ileti, bağlantı düğümünden algılayıcı düğüme giden iletinin şifrelenmesiyle engellenmektedir.

3.2.2.2.5.2. Düğümler Arası Mesafeden Bağımsız Güvenli Konumlandırma (Secure Range-independent Localization (SeRLoc))

Düğümler arası mesafeden bağımsız güvenli konumlandırma tekniğinde (SeRLoc), aralıktan bağımsız olarak yapılan konumlandırmanın içerden veya dışarıdan gelecek olan saldırılara karşı daha güvenli olarak yapılabilmesi amaçlanmaktadır (Srinivasan & Wu, 2007; Saxena, 2014; Singh vd., 2015; Sayih vd., 2015; Ammar vd., 2010; Jiang vd., 2011). Kablosuz algılayıcı ağlarında, ağ yapısını oluşturan algılayıcı düğümlerin ortamdan ve başka bir düğümden veri toplamak için kullandığı cihazlara anten denmektedir. Bu antenler yönü belli olanlar ve yönü belli olmayan olarak ikiye ayrılmaktadır. Yönü belirli antenler, konumu bilinen algılayıcı düğümler gibi konum tahmininde daha doğru sonuçlar elde edilmesini sağlamaktadır. Ancak yönü belirli olmayan antenlerde konum tespitinde doğruluk daha düşük olmaktadır.

Ağ yapısında bulunan konumu bilinen algılayıcılar yönü belirli antenlerle donatılmakta ve konumu bilinmeyen algılayıcılar yönü bilinmeyen antenlerle donatılmaktadır. Aralıktan bağımsız güvenli konumlandırma için konumu bilinen bağlantılarla konumu bilinmeyen algılayıcıların konum tespiti aralıktan bağımsız konumlandırma teknikleriyle yapılmaktadır. Ancak konum tespiti için kullanılan bilgilerin güvenilir olması için ağda meydana gelmiş olabilecek saldırılara karşı önlem alınarak güvenli konumlandırma sağlanmış olmaktadır. Ağın güvenli konumlandırılması ve iletişim aralığında gönderilen paketlerin saldırılara karşı korunması için hash fonksiyonu kullanarak şifreleme yapılmaktadır. Bu nedenle solucan deliği saldırılarında aynı mesaj içeriğine sahip mesaj sayısı ve mesajın geldiği uzaklık üzerinden saldırı tespiti yapılabilmektedir. Bir algılayıcı, bağlantıdan aldığı konum bilgisi birden fazlaysa saldırı tespiti yapmaktadır. Sybil saldırılarda ise kötü amaçlı düğümler bağlantıdan gelen mesajları kopyalayarak farklı bir konumdan aynı içeriğe sahip mesajlar göndererek mesaj sayısını arttırarak konum tespitini saptırabilmektedir. Buna çözüm yolu olarak algılayıcıya en yakın olan bağlantı tespit edilerek buradan alınan mesajlar kontrol edilmektedir.

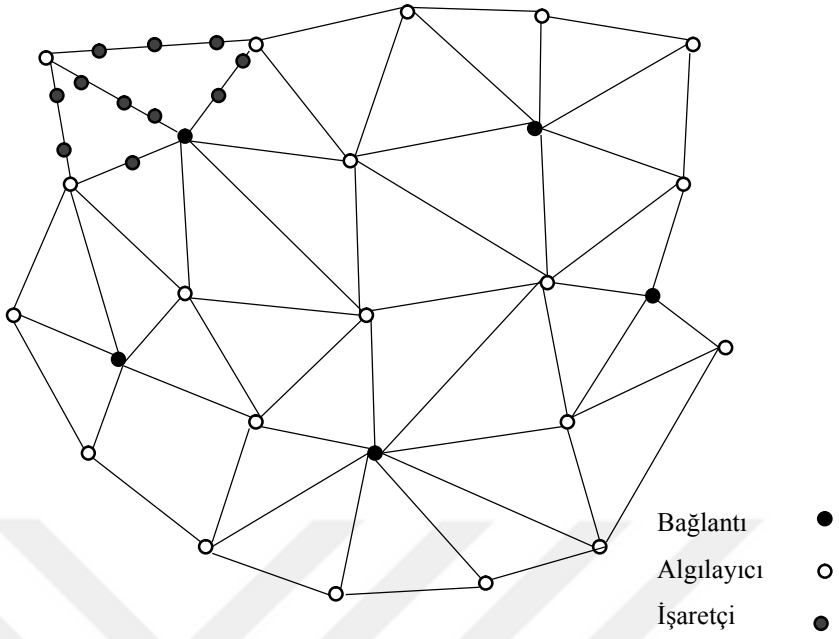
Aralıktan bağımsız güvenli konumlandırma tekniklerinde iki farklı anten tipinden alınan sinyaller üzerinden hesaplama yapılmaktadır. Bu durumda hem bağlantıların koordinatları hem de bağlantıların başlangıç anten açıları işlemleri etkileyen ölçümler olarak sürece katılmaktadır.

Aralıktan bağımsız güvenli konumlandırma için ağ yapısında bulunan bağlantıların güvenlik önlemleriyle donatılması için özel düzenlemeler yapılmaktadır. Algılayıcı düğümlerin saldırılara karşı korunması için düğüm üzerinde özel bir önlem alınmamaktadır. Algılayıcı düğümleri korumak için güvenli tasarlanmış bağlantılar algılayıcı düğümlerin çevresine yerleştirilmektedir. Böylece algılayıcı düğümlerin de güvenliği sağlanmaktadır.

3.2.2.2.6. Dağıtık Konumlandırma (Distributed Localization (DIL)) Algoritması

Algılayıcı düğümlerin ağ yapısı içerisine rastsal olarak yerleştirildiği teknik Dağıtık konumlandırma algoritması (DIL) tekniğidir (Sayih vd., 2015; Langendoen & Reijers, 2004). Bu yerleştirmeler sırasında bağlantı düğümleri küresel koordinat sistemine göre konumları bilinen bölgelere yerleştirilmektedir. Düğümlerin konumlandırması rastsal olarak gerçekleştirildiği için düğümler arası mesafe hesaplamaları düğümlerin birbiri ile iletişimi üzerinden gerçekleştirilmektedir. Konumlandırmanın yapılabilmesi için düğümler arasında iş birliği yapılması yani iletişimin aktif olarak gerçekleşmesi gerekmektedir.

Dağıtık konumlandırma algoritmalarının uygulandığı dağıtık konumlandırılmış kablosuz algılayıcı ağlarda üç farklı tip düğüm bulunmaktadır. Bunlar; konum bilgisine sahip olmayan algılayıcı düğüm, konum bilgilerine sahip olan işaretçi düğüm ve konum ve açı bilgisine sahip bağlantı düğümüdür. Dağıtık konumlandırılmış ağlar en az dört düğümden oluşan düğüm kümelerinden oluşmaktadır. Kümeleri oluşturan düğümlerden en az biri bağlantı düğümüdür. Düğüm kümelerinde algılayıcı düğümler konum tespiti için bağlantı düğümlerinden açı ve konum bilgilerini almaktadır. Algılayıcı düğümlerin ortamdan bilgi topladığı algılama aralığı bu düğümlerin bağlantı düğümleriyle arasındaki iletişim aralığının yarısı kadar olmaktadır.



Şekil 3. 10. Dağıtık Konumlandırma Algoritması Ağ Yapısı

Şekil 3.10'da görülen 31 düğümden oluşan bir kablosuz algılayıcı ağ yapısında 4 bağlantı düğümü, 11 işaretçi düğüm ve 16 konumu bilinmeyen algılayıcı düğüm olduğu düşünülmektedir. Bu ağ yapısında tüm ikili düğüm çiftleri birbiri ile iletişim kurmaktadır. Dağıtık ağ yapısından iletişim için genellikle radyo frekans (RF) sinyalleri kullanılmaktadır. Bağlantı düğümleri kendi konum bilgilerini küresel koordinat sisteminde yerleştirildikleri için önceden bilmektedir. Burada eldeki tek bilgi tüm düğüm çiftlerinin birbiriyle iletişimi olduğundan konumlandırmanın doğruluğunu etkileyen en önemli etken iletişim bilgisidir.

3.2.2.2.7. Sınırlı Erişim Alanı Tabanlı Konumlandırma (Restricted-Area-based Localization (RAL))

Bağlantı düğümlerinin farklı güç seviyelerinde artarda gönderdiği iletim sinyalleri ve orta dikme kuralı kullanılarak konumu bilinmeyen düğümün konumunun tahmin edilmeye çalışıldığı teknik sınırlı erişim alanı tabanlı konumlandırma (RAL) tekniğidir (Sayih vd, 2015; Wang, Liu & Xiao, 2008). Bu nedenle bağlantı noktalarının gönderdiği sinyallerden çembersel alanlar elde edilmektedir. Bu çembersel alanların oluşturduğu kesişim bölgesi konumu bilinmeyen düğümü içine almaktadır. Bu kesişim bölgesindeki bağlantı düğümleri kullanılarak konum tahmini yapılmaktadır.

Sınırlı erişim alanı tabanlı konumlandırma tekniği temelde üç adımdan oluşmaktadır. Birinci adımda, konumu bilinmeyen algılayıcı düğüm ve bağlantı düğüm arasındaki en uzak mesafe, iletimin en yüksek güç seviyesi ve alt sınır değerleri belirlenmektedir. İkinci adımda, her bağlantı düğümü farklı güçlerle iletim yapmaktadır. Bağlantı düğümü bulunduğu konum, kimlik bilgisi, güç seviyesi ve konumu bilinmeyen düğümle arasındaki en uzak aralık bilgisini içeren bilgileri konumu bilinmeyen düğüme göndermektedir. Ve güç seviyesi farkından dolayı iletimin ulaşabildiği alan birbirinden farklı olmaktadır. Bu alan farklılıkları ile çembersel bölgeler elde edilmektedir. Bu çembersel bölgelerin oluşturduğu alana sınırlı erişim alanı 1 adı verilmektedir. Burada örnek olarak; bir bağlantı düğümünden G1 ve G2 farklı güç seviyesinde iki iletim gönderildiğinde konumu bilinmeyen düğümün konum tahmini için güç seviyeleri karşılaştırılmaktadır. G2 <G1 durumunda; G2 sinyalinin yayınlandığı çembersel bölge konumu bilinmeyen düğümü içine alabilmektedir. Üçüncü adımda, oluşturulan çembersel bölgelerin kesiştiği noktalardan orta dikmeler çizilmektedir. Orta dikmelerin çizilmesiyle oluşan alana ise sınırlı erişim alanı 2 adı verilmektedir. Bu iki sınırlı alan incelenip kullanılacak bağlantı düğümleri belirlenerek konum tahmini hesabına geçilmektedir. Tüm çembersel bölgelerin kesiştiği alanda orta dikmelerin kesişimiyle oluşan üçgensel alan ile konumu bilinmeyen düğümün konum tahmini yapılmaktadır. Konum tahmini için üçgensel bölgede bulunan ve konumu bilinen bağlantı düğümlerinin konum bilgileri kullanılmaktadır.

3.2.2.2.8. Güç Ayarlayan Bağlantıların (Power Tuning Anchors (PTA)) Konumlandırılması

Kablosuz algılayıcı ağları, konumu bilinen ve konumu bilinmeyen çok sayıda algılayıcıdan oluşmaktadır. Bu algılayıcılar sadece konum tahmini yani konumlandırma görevi yapmamaktadır. Ayrıca yönlendirme, ağın yoğunluk kontrolü ve takip etme işlemlerini de yerine getirmektedirler. Ağ yapısı çok büyük boyutlara ulaştığında ise bu işlemler yapılırken belirli zorluklarla karşılaşılmaktadır. Konumu bilinmeyen algılayıcı düğümlerin konum tespitinde hata oranları artarken buna çözüm bulmak için daha maliyetli yöntemler kullanılmaktadır. Bu çözüm önerileri ağın maliyetini arttırmaktadır. Ağ boyutu büyüdükçe bağlantı düğümlerinin konum tespitleri için GPS gibi cihazların, aralık tabanlı konumlandırmada kullanılan mesafe ölçüm cihazlarının sayısı artar ve

yüksek donanım ücretleri gerekmektedir. Bunlara ek olarak, algılayıcıların algılama işlemleri, konumlandırma, takip ve yönlendirme ve yoğunluk kontrol işlemlerini gerçekleştirmeleri için gerekli enerji miktarı artmaktadır. Ağ yapısında çok sayıda düğüm ve kullanılan büyük enerji miktarları ağın yaşam süresini kısalmaktadır. Yaşam süresi kısaldığında ise algılayıcı ağlarından elde edilecek verilerin sayısı azalmakta ve elde edilen sonuçlar gerçeğe uygun olmamaktadır.

Tüm bu nedenler göz önüne alındığında ağın yaşam ömrünü uzatmak için daha düşük güç seviyelerinde iletim yapmak harcanan güç miktarını düşürmektedir. Bunun için güç ayarlamalı bağlantıların konumlandırılması ağın yaşam ömrü için oldukça önemli bir yere sahip olmaktadır (Sayih vd., 2015; Jabbar, Aziz, Minhas & Hussain, 2010).

Güç ayarlamalı bağlantıların konumlandırılması için öncelikle merkezdeki istasyona hareketli bir düğümü takip etmek için istek gönderilmektedir. Eğer merkez bu isteği onaylarsa bağlantı düğümü hareketli düğümü takip etmek için en yüksek güçle bir işaretçi sinyal göndermektedir. Konumu bilinmeyen düğüm bağlantı düğüme cevap olarak bir onay gönderirse, bağlantı düğümü iletim gücünü düşürerek tekrar bir işaretçi sinyal göndermektedir. Konumu bilinmeyen düğüm bağlantı düğüme bir onay döndürmediği sürece bu süreç devam etmektedir. Her güç seviyesiyle gönderilen iletimler ile bağlantı düğümü merkezde olacak şekilde çembersel bir alan elde edilmektedir. Gönderilen tüm sinyallere karşılık oluşturulan çembersel alanların oluşturduğu bölgeye kısıtlama bölgesi denir. Takip edilen hareketli ve konumu bilinmeyen düğüm bu bölgede bulunmaktadır. Daha sonra bu bölgede üçgensel bir alan oluşturularak hareketli ve konumu bilinmeyen düğümün konum tahmini yapılmaktadır.

Bu yöntemle, çemberlerle oluşturulan kısıtlama bölgesi diğer yöntemlerle elde edilen kesişim bölgesinden daha doğru ve konumu bilinmeyen düğümü içine alan bir alan oluşturmaktadır. Böyle bir durumda daha düşük güç seviyeleriyle iletim yapılarak daha doğru bir tahmin yapılmaktadır.

3.3. Ölçüm Birimleri

Kablosuz algılayıcı ağlarında, ağ yapısının performans değerlendirmesi ve elde edilen verilerin verimli bir şekilde işlenebilmesi için ağın bazı ölçüm birimlerince

değerlendirilmesi de gerekmektedir. Kablosuz algılayıcı ağlarında, konumlandırma teknikleri için kullanılan algoritmaların doğruluğu, harcadığı algılayıcı enerjisi, kullandığı hafıza miktarı, algılayıcıların ve yapılan işlemlerin hesaplama maliyetleri ve algılayıcıların kapsama alanları yapılacak ölçümler arasında yer almaktadır.

3.3.1. Doğruluk Ölçümü

Konumlandırmanın doğruluğunun ölçümü en önemli değerlendirme ölçütlerinden biridir. Konumu bilinmeyen bir algılayıcı düğümün konumunun doğru olarak tahmin edilmesi elde edilen verilerin doğru değerlendirilmesi açısından büyük öneme sahiptir. Bu nedenle konumlandırma tahminlerinde elde edilen tahmini konumlar ile gerçek konumlar arasındaki hata değerleri üzerinden karşılaştırmalar yapılarak algoritmaların doğruluk değerlendirmeleri yapılabilmektedir (Gholami, 2011).

Doğruluk ölçümleri için algoritmaların tahmin hataları üzerinden alt sınır karşılaştırması yapılabilmektedir. Bunun için olasılık yoğunluk fonksiyonunu temel alan Cramer Rao alt sınırı hesaplanabilmektedir. Bunun dışında kümülatif dağılım fonksiyonu, kök ortalama kare hatası ve yayılma modeli gibi olasılık tabanlı teknikler kullanılabilmektedir (Gholami, 2011).

3.3.2. Maliyet Ölçümü

Kablosuz algılayıcı ağlarında önemli diğer bir ölçüm birimi ise maliyet ölçümleridir. Konumlandırma tekniklerinde, bağlantı düğümlerin konum tespitinde kullanılan GPS ve aralık veya açı ölçüm cihazları, yapılan hesaplamalar, gerekli zaman ve kullanılan hafıza ağ maliyetini belirlemektedir. Ağ yapısını oluşturan algılayıcı düğümlerin sayısal artışı konumlandırma için gerekli bağlantı düğümleri sayısında artışa neden olmakta ve bu artış maliyeti önemli ölçüde etkilemektedir. Düğümler arası iletişimde gönderilen paketler güç tüketimine sebep olan bir diğer etkendir. Ağ yapısı büyüdükçe düğümler arası iletişim ve paket gönderimleri artmaktadır. Kullanılan algoritmanın karmaşıklığı, sistemin çalışma süresini ve kullanılan hafıza miktarını etkileyerek maliyette değişimlere sebep olmaktadır (Gholami, 2011).

3.3.3. Enerji Kullanımı Ölçümü

Kablosuz algılayıcı ağlarını oluşturan algılayıcı düğümler taşınabilir bataryalarla enerji sağlamaktadır. Bu nedenle algılayıcıların kullanım süresi, başka bir deyişe yaşam ömrü, bataryalardaki enerji ile doğru orantılı olmaktadır. Ancak konumlandırma sırasında iletişim, sinyal iletimi ve yapılan hesaplamalar enerji tüketimine sebep olmaktadır. İletişim sırasında bilgi ileten düğüm daha çok enerji harcamaktadır. Ayrıca hesaplamalar sırasında var olan bilgiler kullanılarak işlem yapıldığı için iletişim süresince harcanan enerjiden daha az enerji tüketimi olmaktadır. Ancak algılayıcı ağların yapısında bulunan düğümler her zaman aktif olarak çalışmamaktadır. Bu durum aktif düğümlerin enerji tüketimini arttırmaktadır. Buna karşılık pasif konumdaki düğümler enerjileri korumaktadır. Herhangi bir düğümde enerji tükenmesi durumunda pasif haldeki düğümler aktif hale geçerek ağ ömrünü uzatmaktadır (Gholami, 2011; Yuan, Kanhere & Hollick, 2016).

3.3.4. Hafıza Kullanımı Ölçümü

Algılayıcı düğümler genel olarak çok fazla hafıza kullanan yapılardır. Bunun yanında kullanılan algoritmalar da hafıza kullanmaktadır. Hafıza kullanımı, algılayıcı düğümlerin hafızaları, programın hafızası ve ekstra depolama hafızası olarak üç farklı şekilde gerçekleşmektedir (Yuan, Kanhere & Hollick, 2016).

3.3.5. Kapsama Alanı Ölçümü

Kablosuz algılayıcı ağları konumlandırma yaparken konumu bilinmeyen düğümün konum tespiti için bağlantı düğümlerinden işaretçi sinyaller gönderir. Bu işaretçi sinyaller ile düğümler arası mesafe ölçümü ve bağlantı bilgileri elde edilmektedir. Bu sinyallerin konumu tahmin etmek için kullanılabilmesi için konumu bilinmeyen düğümün bağlantı düğümlerinin kapsama alanı içerisinde olması gerekmektedir. Konumlanmanın doğru yapılabilmesi için konumu bilinmeyen düğümün en az iki bağlantı düğümünün kapsama alanı içerisinde olması gerekmektedir (Gholami, 2011).

3.4. Konumlandırma Algoritmalarının Karşılaştırılması

Kablosuz algılayıcı ağları merkezi konumlandırma ve dağıtık konumlandırma algoritmaları düğüm konum tahminlerinin doğruluk, ağ maliyetleri, ağın enerji kullanımı, düğümlerin hafıza kullanımı, düğümlerin kapsama alanı içinde bulunma durumu, ek donanım ihtiyacı ve konumlandırılma özellikleri dikkate alınarak incelendiğinde Çizelge 3.1'de görülen sonuçlara ulaşılmaktadır (Singh & Sharma, 2015).

Çizelge 3. 1. Merkezi Konumlandırma ve Dağıtık Konumlandırma Karşılaştırması

	Merkezi Konumlandırma	Dağıtık Konumlandırma
Doğruluk	Orta	Yüksek
Maliyet	Yüksek	Düşük
Enerji Kullanımı	Yüksek	Düşük
Hafıza Kullanımı	Yüksek	Orta
Kapsama Alanı	Yüksek	Orta
Donanım	Yok	Var
Konumlanma	Zor	Kolay

Kablosuz algılayıcı ağları düğümler arası mesafeye bağlı konumlandırma ve aralıktan bağımsız konumlandırma algoritmaları düğüm konum tahminlerinin doğruluk, ağ maliyetleri, ağın enerji kullanımı, düğümlerin hafıza kullanımı, düğümlerin kapsama alanı içinde bulunma durumu ek donanım ihtiyacı ve konumlandırılma özellikleri dikkate alınarak incelendiğinde Çizelge 3.2'de görülen sonuçlara ulaşılmaktadır (Singh & Sharma, 2015).

Çizelge 3. 2. Düğümler arası mesafeye bağlı Konumlandırma ve Düğümler Arası Mesafeden Bağımsız Konumlandırma Karşılaştırması

	Düğümler Arası Mesafeye Bağlı Konumlandırma	Düğümler Arası Mesafeden Bağımsız Konumlandırma
Doğruluk	Yüksek	Orta
Maliyet	Yüksek	Düşük
Enerji Kullanımı	Yüksek	Düşük
Hafıza Kullanımı	Orta	Orta
Kapsama Alanı	Orta	Düşük
Donanım	Var	Yok
Konumlanma	Zor	Kolay

2.4. Kablosuz Algılayıcı Ağları Benzetim Ortamları

Kablosuz algılayıcı ağları kullanımı ağ yapısı tasarlandığında deneme aşamasından sonra kullanılmalıdır. Ağın çalışma süreçlerinde bir sorun varsa gerçek bilgiler toplanmadan önce gerekli düzenlemelerin yapılması için bu en önemli aşamalardan birini oluşturmaktadır. Ancak sınırlı enerji kullanımı nedeniyle ve yetersiz hafıza alanı da buna eklenince düğümlerin deneme amacıyla kullanılması ağın kullanım süresini kısaltmaktadır. Bu nedenle kablosuz algılayıcı ağları kullanılmadan önce benzetim ortamlarında gerçeğe uygun olarak deneme işlemi yapılmaktadır. Benzetim ortamları kullanılarak ağın kullanım süresi mümkün olduğunda yüksek tutulmaktadır.

Kablosuz algılayıcı ağları benzetim ortamları Monte-Carlo benzetimi, İz Sürümlü (Trace-Driven) benzetim ve Ayrık Olay (Discrete-Event) benzetimi olarak üç farklı şekildedir (Nayyar & Singh, 2015). İz sürümlü benzetimde çeşitli algılayıcı düğümler çeşitli olaylar için çalıştırılarak benzetim zamanları listelenmektedir. Ayrık olay benzetimi ise gerçek zamanlı bir benzetimdir. Gerçek zamanlı olaylar için her açıdan bilgi elde edebilmek için çeşitli bilgiler sağlamaktadır. Çoğu benzetim ortamı ayrık olay benzetimi olarak çalışmaktadır.

Kablosuz ağlarda kullanılan benzetim ortamlarının mimarileri göz önüne alındığında dokuz temel bileşenden oluştukları görülmektedir (Nayyar & Singh, 2015):

- Olay: Kablosuz algılayıcı ağ yapısında meydana gelen algılama, paket iletimi, konum bilgisi iletimi, düğümler arası mesaj iletimi gibi işlemlerin nasıl gerçekleştiği ve hangi zamanlarda meydana geldiği incelenmektedir.
- Ortam: Düğümler arası iletişimin hangi bant genişliği ve dalga boyunda gerçekleştiği gibi çeşitli değişkenlerle değişimi incelenmektedir.
- Çevre: Ağın bulunduğu ortamda ses, ışık, hareketlilik, nem oranı, sıcaklık gibi değişkenlerle ağdaki fiziksel değişiklikleri incelemektedir.
- Düğüm: Kablosuz algılayıcı ağ yapısında bulunan tüm düğüm tipleri ve bu düğümlerin gerçekleştirdikleri işlemleri incelemektedir.
- Alıcı-verici: Algılayıcı düğümlerde bulunan alıcı-vericilerin durumuna göre düğümlerin yaşam süresi değişmektedir. Düğüm alıcı-verici durumuna göre uyku, aktif, iletim ve alım gibi dört farklı durumda bulunabilir. Bu durumlardan en az enerji uyku durumunda harcanırken, en fazla enerji iletim durumunda harcanmaktadır.
- Fiziksel protokol: İletişim kanalını değiştirme, paket gönderimi-alımı, alıcı-vericinin durumunu değiştirme gibi fiziksel katman işlemlerini gerçekleşmesini incelemektedir.
- MAC protokolü: Genel bir MAC protokolü gibi fiziksel katman ve yönlendirme katmanı arasında yer almaktadır. Kanal erişimi, tablolama, tampon bellek yönetimi, hata yönetimi gibi işlemleri incelemektedir.
- Yönlendirme protokolü: Merkezi konumlandırılmış ağlarda algılayıcı düğümlerden merkez istasyona bilgi aktarımı, dağıtık konumlandırılmış ağlarda algılayıcı düğüm ve bağlantı düğümleri arası iletimi incelemektedir.
- Uygulama katmanı: Ağın güvenliği, algılayıcı düğümlerin konumlandırmasının gerçekleşmesi, düğümler arası zaman eşlemesi gibi işlemleri, paket iletim akışını incelemektedir.

Aşağıda yaygın olarak kullanılan benzetim ortamları temel özellikleriyle kısaca açıklanmaktadır.

Network Simulator 2 (NS-2): Ağ iletişim araştırmalarında kullanılan gerçek zamanlı benzetim yapan ayrık olay benzetimcisidir (http://www.isi.edu/nsnam/ns/

[Erişim: 13.02.2017]). C++ ve nesne tabanlı programlamaya dayalı alet komut dili (OTcl) kullanılır. Unix'in birçok türünde (Linux, FreeBSD, Solaris) ve Windows işletim sistemlerinde kullanılabilir. Algılayıcı düğüm bölümlerinden algılama ünitesi için model bulunmazken, güç kaynağı ve iletişim ünitesi için modeller gerçekten farklıdır. TCP, yönlendirme ve çoklu dağıtım protokollerini kablolu ve kablosuz ağlar üzerinden destekler. Sonuçları yazılı olarak veya görsel olarak verebilir. Görsel sonuçlarda; düğüm hareketleri, düğüm konumları, paket iletimi ve ağ analizi animasyonlu olarak gösterilir.

Network Simulator-3 (NS-3): Bilgisayar ortamında ağ iletişim araştırmaları için açık benzetim ortamı oluşturan ayrık olay benzetimcisidir (https://www.nsnam.org/docs/tutorial/html/ [Erişim: 13.02.2017]). C++ programlama dili kullanılır. Linux ve Windows işletim sistemlerinde kullanılabilir. Elde edilen sonuçları değerlendirmek için R gibi araçlar kullanılabilir. Görsel grafik araçları yoktur. Gnuplot, matplotlib veya XGRAPH gibi araçlar kullanılabilir. Ücretsiz bir yazılımdır.

OMNet++: Benzetim senaryolarının yazılması için gerekli araçları ve yapıyı sağlayan ayrık olay benzetimcidir (https://omnetpp.org/ [Erişim: 13.02.2017]). C++ dilini kullanır. Linux, Windows, MAC OS X ve diğer Unix benzeri işletim sistemlerinde kullanılır. Pek çok farklı yönlendirme protokolünün benzetiminde kullanılır. Görsel grafikler için TKenv yapısı geliştirilerek düğüm hareketlerinin gözlemlenmesi, grafik sonuçlar ve hareketlilik takip edilir. Eğitim ve araştırma amaçlarıyla kullanım ücretsizdir.

JavaSim (JSim): Genel amaçlı benzetimcidir (http://www.physiome.org/jsim/docs/overview.html [Erişim: 14.02.2017]). Matematiksel Modelleme Dilinde (MML) metin tabanlı bir dil ile Java, C ve Fortran dilleri kullanılır. Konumlandırma, coğrafi yönlendirme ve yönlü yayılma protokolleri uygulanır. Kapsamlı çapraz denetim birçok genel hata yakalar. Standart dillerden daha hızlı model oluşturma imkânı sağlar.

EstiNEt: Bu benzetim ortamı NCTUns benzetim ortamına dayanır (http://www.estinet.com/ns/?page_id=21140 [Erişim: 14.02.2017]). NCTUns benzetim ortamı ağ araştırma ve yayını için kullanılır. EstiNet'in benzetim ortamı fiziksel katman, MAC katmanı, ağ katmanı, ulaşım katmanı ve uygulama katmanına sahiptir. GUI ara

yüzü benzetim oluşturmak için uygun bir ortam sağlar. Linux tabanlı olarak çalışır. Gerçek zamanlı benzetim ortamı sağlayarak ağın gerçek davranışlarını sergiler. Yeni geliştirilen alt katman uygulamalarında gerçek zamanlı değerlendirme imkânı sağlar.

Scalable Simulation Framework Network Models (SSFNet): Açık kaynaklı ölçeklenebilir benzetim ortamıdır (http://www.ssfnet.org/homePage.html [Erişim: 05.02.2017]). Java ve C++ dilini kullanır. Linux, Solaris ve Windows işletim sistemlerinde kullanılabilir. SSF.OS ve SSF.Net yapılarını kullanır. İnternet protokol modellerini kapsar. Oluşturulan benzetim modeliyle büyük ölçekli ağlar üzerinde değişken davranışlar incelenir. Modelin ölçeklenebilirliği ve performansın ölçeklenebilirliğine odaklanır.

QualNet & EXata: Gerçek iletişim ağlarının davranışlarını takip etmek için kullanılan planlama, test etme ve eğitim aracıdır (http://web.scalable-networks.com/qualnet-network-simulator-software [Erişim: 01.02.2017]). Windows 7 Home/ Professional 64-bit, Windows 8/Pro 64-bit, Linux 64-bit (CentOS 6.6, RHEL 6.6 ve Ubuntu 14.04) versiyonlarında kullanılabilir. EXata, gerçek zamanlı ağ benzetim ara yüzüdür (http://web.scalable-networks.com/exata-network-emulation-software [Erişim: 02.02.2017]). Gerçek zamanlı hızla çalışır. Binlerce düğüm modelleyebilir. Protokol modellerini ayrıntılı standartlara dayalı uygular.

SteelCentral Riverbed: Yüksek doğrulukta modelleme, ölçeklenebilir benzetim ve kablolu ve kablosuz ağların detaylı analizine imkân sağlar (https://www.riverbed.com/se/products/steelcentral/steelcentral-riverbed-modeler.html [Erişim: 31.01.2017]). Sezgisel, hiyerarşik modelleme ortamı sağlayarak arazi, hareketlilik ve yol kaybı modellerinin oluşturulmasına yardımcı olur. GUI ara yüzü ile hata ayıklama ve analiz, harici nesne dosyalarını, kütüphaneleri ve diğer benzetim ortamları bütünleştirilebilir. Gerçek zamanlı senaryolarla ağın kontrol edilmesini sağlar. Ağ performansının kullanımdan önce incelenmesini sağlar. Kullandığı çok sayıda protokol ile model tasarımını hızlandırır. Benzetim ortamının çalışma süresini azaltarak hızlı sonuç almayı sağlar. Senaryo sonuçları çizelge, grafik ve tablo olarak yorumlanabilir.

SENSE: Ayrık olay benzetimcisidir (http://www.ita.cs.rpi.edu/ [Erişim: 30.02.2017]). C++ dilini kullanır. Güç modeli, MAC protokolü, uygulama, ağ ve

fiziksel katman modelleri vardır. Görselleştirme ve canlı sonuçlar için iNSpect araçlarına sahiptir. Kullanıcı ara yüzü ile istenilen özellikler eklenerek geliştirilme imkânı vardır. Ardışık ayrık olayların paralelleştirilmesine imkân sağlar.

Dynamic Routing Model Simulator (DRMSim): Yönlendirme modellerini büyük ölçüde değerlendirmeyi amaçlayan on bine kadar düğüm içerebilen iş istasyonlarına sahip Java tabanlı bir yazılım benzetimidir (https://ercim-news.ercim.eu/en94/ri/drmsim-a-routing-model-simulator-for-large-scale-networks [Erişim: 14.02.2017]). İnternetin gelecek sürümleri için uygun yönlendirme şemaları geliştirir. Yüksek düzeyde etkilidir. 16000 düğümden fazla düğüm içerebilir.

NetSim: Olasılıklı ayrık olay benzetimcisidir (http://www.tetcos.com/netsim-std.html [Erişim: 13.02.2017]). Ağ araştırma, geliştirme ve savunma uygulamalarında ve protokol modellerinde kullanılır. Birçok çeşit ağ için eşsiz bir ortam sağlar. Ses, video, FTP, http ve email için benzetim ortamları sağlar.

UnderWater Simulator (UWSim): Sualtı ortamları için benzetimcidir (http://www.irs.uji.es/uwsim/uwsim-features [Erişim: 15.02.2017]). Açık kaynaklıdır. C++ dili kullanılarak yazılmıştır. Windows, Mac OS X, Linux, IRIX, Solaris ve FreeBSD işletim sistemlerinde çalıştırılır. Sanal gerçeklik, bilimsel görselleştirme ve modelleme amacıyla kullanılan üç boyutlu grafik uygulama ara yüzüdür. Önceden belirlenen menzile giren nesneler tespit edilir. Sualtındaki araçların hızını tespit eder. Gömülü olan donanımların sualtı ortamında gömülü olduğu ortam çamurundan arıtmaya yardımcı olur.

Visual Sense: Kablolu ve kablosuz sistemler için benzetim yazılımdır http://ptolemy.eecs.berkeley.edu/visualsense/ [Erişim: 10.02.2017]). Java sınıflarından ve XML dosyalarından oluşur. Algılayıcı ağları, anten ağları ve güç modellerini destekler. Ptolemy 2'nin bir parçası olarak bulunur. Windows ve Mac OS X işletim sistemlerinde çalıştırılabilir.

Virtual Ptolemy and TinyOS- Viptos: Kablosuz algılayıcı ağlarına dayanan TinyOs için görsel geliştirme ve benzetim ortamıdır (http://ptolemy.eecs.berkeley.edu/viptos/ [Erişim: 10.02.2017]). TinyOS ve Ptolemy 2 arasında bir ara birim olarak çalışır. C programlama diline dayana nesC ile yazılır. GUI ara yüzünü kullanır.

PTOLEMY 2: Açık kaynaklı benzetim yazılımıdır (http://ptolemy.eecs.berkeley.edu/ptolemyII/ [Erişim: 10.02.2017]). Modelleme, benzetim, kesişen tasarım ve gerçek zamanlı sistemlerle çalışır. Ağ benzetimlerini desteklemez. Kablolu ve kablosuz ağlar için özellik ve kütüphaneye sahiptir. Birden çok platformda test edilen kararlı yapılandırma sağlar. Windows yükleyicisi içerir.

Sensor Network Simulator and Emulator (SENS): Özelleştirilebilir algılayıcı ağ benzetimcisidir (http://www.sens.org/ [Erişim: 11.02.2017]). C++ dilini kullanır. Tüm Mac katmanı yerine paket kaybı, bozulma modellenir. Uygulamaya özel çevre oluşturulur ve sinyal yayılmaları modellenir. Diğer kablosuz algılayıcı ağ benzetimlerine göre daha az uyarlama yeteneğine sahiptir. Sadece sesi tespit eder. Gerçek algılayıcılar kullanır.

WSNet: Ayrık olay benzetimcidir (http://wsnet.gforge.inria.fr/ [Erişim: 08.02.2017]). Gömülü işletim sistemlerinde kullanılabilir. Windows, Linux, Solaris ve MAC işletim sistemlerinde kullanılabilir. İlk örneğin yapımı hızlı gerçekleşir. Gerçek zamanlı algılayıcı düğümlerin benzetimi yapılabilir.

WSN Localization Simulator: WSN'den toplanan bilgilerin doğruluğu düğüm konumunun bilinmesiyle güvenilir kabul edilmektedir. Bu nedenle konumlandırma önemli bir konu olmaktadır. Açık kaynak kodlu bir benzetimcidir (https://www.codeproject.com/Articles/225536/Wireless-Sensor-Network-Localization-Simulator-v [Erişim: 21.09.2017]). C programlama diliyle yazılmış ve anlaşılması kolay olmaktadır. Sekiz adet konumlandırma algoritması içerir. Çeşitli ağ parametreleri sunmaktadır. Algoritmalara göre algılayıcı antenlerinin yönlü ve yönsüz olma durumu seçilebilmektedir. İşaretçiler istenilen iletişim aralığında ağa yerleştirilebilmektedir. Bağlantıların iletişim aralığına, başlangıç anten açılarına ve ışın genişliğine kullanıcının karar vermesine imkan sağlamaktadır. Kullanımı kolay ve anlaşılır. GUI ara yüzü bulunur. Benzetim sonuçları Excel dosyası olarak kaydedilir.

Probabilistic Wireless Sensor Network Simulator (PROWLER): Ayrık olay benzetimcisidir (http://www.isis.vanderbilt.edu/projects/nest/prowler/ [Erişim: 14.02.2017]). MATLAB altında çalışır. Deterministik ve olasılıksal olarak kullanılabilir. GUI ara yüzü kolay kullanılabilirdir. Çeşitli uygulamalara kolay uyum sağlar.

MATLAB & Simulink: Yüksek performans, zengin hesaplama ve binlerce özelliğe sahiptir. Programlanması ve kullanıcı tarafından geliştirilmesi kolaydır (https://www.mathworks.com/products/matlab.html [Erişim: 23.02.2017]). Simulink yazılımı ile doğrusal, doğrusal olmayan ve bu ikisinin karışımı ile oluşan sistemler desteklenebilir (https://www.mathworks.com/products/simulink.html [Erişim: 23.02.2017]). MATLAB ve Simulink ile kablosuz algılayıcı ağ tamamen benzetilebilir. C/C++, Java, Python, Microsoft Excel ile ara birim oluşturulabilir. Benzetim senaryolarını ve kullanılan bilgileri yönetmek için proje ve veri yönetimi araçları bulunur. Benzetim yapısını arıtmak ve benzetim hızını arttırmak için model analiz araçları kullanılır.

PiccSIM: Simulink ve NS-2'den oluşur (http://wsn.aalto.fi/en/tools/piccsim/ [Erişim: 14.02.2017]). Grafiksel kullanıcı ara yüzü ile ağı tasarlamak ve kontrol etmek için kullanılır. MATLAB kullanır. Windows ve Linux işletim sistemlerinde kullanılabilir. Simulink ve NS-2 arasında özgün bilgi değişimi vardır. Simulink ve NS-2 arasında konum güncellemesine imkân sağlayan senaryolar oluşturulabilir.

Laboratory Virtual Instrument Engineering Workbench (LabVIEW): Görsel programlama dilleri için özgün bir ortamdır (http://www.ni.com/labview/ [Erişim: 14.02.2017]). Yönlendirme ve diğer algoritmalar için düğümlerde C kodları bulunur. Windows, Linux ve MAC OS X işletim sistemlerinde kullanılabilir. Bilgi edinme, alet kontrolü ve endüstriyel otomasyon için kullanılır. Kullanılan kodlar birden fazla donanıma dağıtılabilir. Böylelikle her donanım için ayrı kod yazımı önlenmiş olur. Gerçek ağ ortamından toplanan çeşitli verilerin kaydedilerek daha hızlı işlenmesini ve hızlı raporlanmasını sağlar.

Yukarıda açıklanan benzetim ortamlarının olumlu yönleri Çizelge 3.3'de listelenmektedir.

Çizelge 3. 3. Benzetim Ortamlarının Olumlu Yönleri

BENZETİM ORTAMI	**OLUMLU YÖNLERİ**
NS-2	TCP, yönlendirme ve çoklu dağıtım protokolleri desteklenir. Yazılı ve görsel sonuç verebilir.
NS-3	İstatistiksel analiz programları kullanılabilir.
OMNet++	Çok sayıda yönlendirme protokolü için kullanılabilir.
Java-Sim	Kapsamlı çapraz denetim ile hata ayıklanır. Standart dillerden daha hızlı modelleme imkânı sağlar.
EstiNet	Gerçek zamanlı benzetim ile ağ davranışını gözlemler. Alt katman uygulamalarında gerçek zamanlı değerlendirme yapar.
SSFNet	Büyük ölçekli ağlarda değişken davranışlar gözlemlenir.
QualNet & Exata	Gerçek zamanlı hızla çalışır. Protokol modellerini çeşitli standartlara göre uygular.
Riverbed	Ağ performansını önceden ölçer. Çok sayıda protokol ile hızlı model tasarımı sağlar. Benzetim ortamı çalışma süresini kısaltır.
SENSE	Ara yüz ile özellik ekleme imkânı sağlar. Ardışık ayrık olay benzetimi yapılabilir.
DRMSim	16000'den fazla düğüm içerebilir. Etkisi yüksektir.

NetSim	Ses, video, FTP, http ve email için benzetim ortamı sağlar.
UWSim	Belirlenen menzile giren nesnelerin tespitini yapar. Gömülü donanımın sualtı çamurundan arıtılmasını sağlar.
Visual Sense	Algılayıcı ağları, anten ağları ve güç modellerini destekler.
Viptos	TinyOS ve Ptolemy 2 arasında bir ara birim olarak çalışır.
PLOTEMY 2	Çok platformda test edilebilir kararlı yapılandırma sağlar.
SENS	Gerçek algılayıcı kullanır.
WSNet	İlk örnek benzetim modellemesi hızlı yapılır. Gerçek zamanlı algılayıcı benzetimi yapılır.
WSN Localization	8 konumlandırma algoritması sağlar. Çeşitli ağ parametreleri sunar. Ara yüz kolay kullanıma sahiptir. Sonuçlar Excel formatında kaydedilir.
PROWLER	Deterministik ve olasılıksal olarak kullanılır. Ara yüz kolay kullanıma sahiptir.
MATLAB & Simulink	Ağ tamamen benzetim ortamına aktarılabilir. Benzetim senaryoları ve bilgiler için proje ve veri yönetim araçları kullanılır. Benzetim yapısını arıtmak ve benzetim hızını arttırmak için model analiz araçları kullanılır.

PiccSIM	Benzetim ortamları arası bilgi değişimi sağlar. Benzetim ortamları arası konum güncellemesi sağlayan senaryolar oluşturulabilir.
LabVIEW	Kaynak kodu birden fazla donanıma dağıtılabilir. Gerçek ağ ortamından toplanan veriler kaydedilir, hızlı raporlanır.

BÖLÜM 4

MATERYAL VE METOT

4.1. Kablosuz Algılayıcı Ağı Konumlandırma Benzetim Ortamı

Tez kapsamında uygulanan senaryolar için Wireless Sensor Network Localization Simulator v1.1 kullanılmaktadır. WSN Localization Simulator'ın, kolay kullanımı, anlaşılır ara yüzü ve açık kaynak kodlu olması ilk tercih sebepleri olmaktadır. WSN Localization Simulator, ağ içerisinde algılayıcı düğüm, işaretçi düğüm ve bağlantı düğüm sayılarında geniş aralıkta kullanım imkânı sunmaktadır. Benzetim ortamı içinde kullanıma hazır sunulan algoritma çeşitliliği, konumlandırma algoritmalarının benzetimlerinin başarımlarının değerlendirilmesini daha kolay hale getirmektedir.

Kablosuz algılayıcı ağları, düğüm yerleşiminden sonra düğümler arasında iletişimde bir sorun olup olmadığını kontrol etmek için ağ veri toplamaya başlamadan önce çalıştırılmaktadır. Bu çalışmada, ağda bulunan düğümler bir çevrim süresince çalışmaktadır. Bu ilk çalışma ile toplanan bilgiler değerlendirmeye dâhil edilmemektedir. Gerçekleşen çevrim ile ağ yaşam süresinde azalma meydana gelmektedir. Ağ ömründe meydana gelen azalmayı önlemek için kablosuz algılayıcı ağları fiziksel ortama yerleşimi yapılmadan önce WSN konumlandırma benzetim ortamında yerleştirilerek düğümler arası iletişim ve etkileşim hakkında bilgiler toplandıktan sonra fiziksel ortama yerleşim yapılmaktadır. Bu durumda ağ çalışmaya başladığı andan itibaren toplanan bilgiler değerlendirmeye dâhil edilebilmektedir.

Kablosuz algılayıcı ağları benzetim ortamları kolay kullanım, genişletilebilirlik ve ölçeklenebilirlik özelliklerinin birini bazı durumlarda ise ikisini kullanıcıya

sağlayamamaktadır. Bu durumu ortadan kaldırmak amacıyla yapılan uygulama ile kullanıcıya hem kolay kullanım sağlanmakta, performanslarının değerlendirilmesine imkân sağlanmakta ve de farklı algoritmalar kullanıma sunulmaktadır.

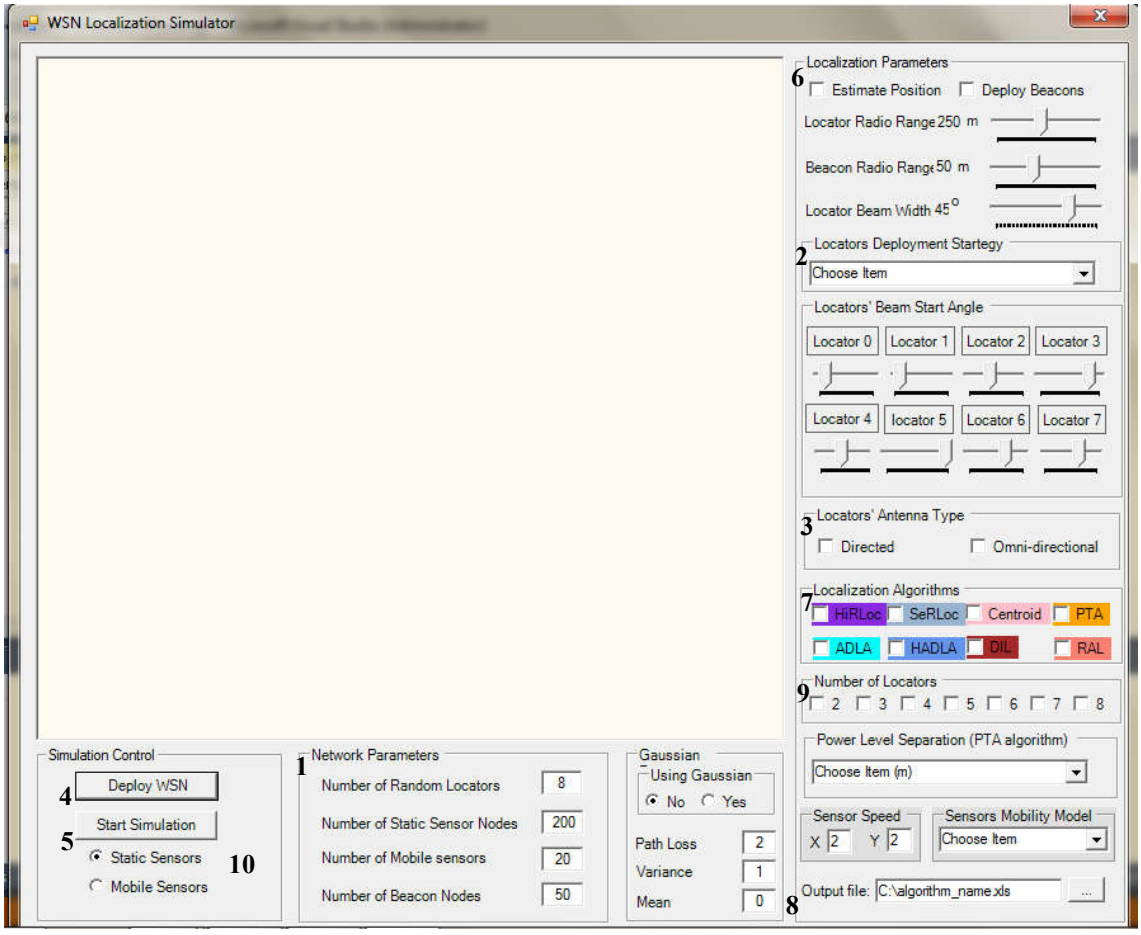
Kablosuz algılayıcı ağlarında toplanan verilerin değerlendirmesinin yüksek doğrulukla gerçekleştirilebilmesi için algılayıcı düğüm konumlarının bilinmesi veya gerçeğe en yakın şekilde tahmin edilmesi gerekmektedir. GPS ile konum tahmini yüksek maliyetli ve dış ortamlarda daha verimli çalışan bir teknik olduğu için her koşulda düğümlerin konumlarının belirlenmesi için konum tahminine ihtiyaç duyulmaktadır. WSN Localization Simulator, düğümlerin gerçek konumlarını yüksek güvenilirlikle tahmin edebilen bir benzetim ortamıdır.

WSN Localization Simulator, konumlandırma algoritmaları ve benzetimciden oluşmaktadır. Benzetimci ise algılayıcı, konum belirleyici ve paket sınıflarını içinde barındıran DLL dosyaları ve kullanıcıya benzetim ortamını kontrol etmeyi sağlayan ara yüzden oluşmaktadır. Konumlandırma algoritmaları ise DLL dosyaları içine yazılmaktadır.

WSN Localization Simulator ölçeklenebilir bir yapı sunmaktadır. Örneğin; 200 düğüm * 200 düğümden meydana gelen 40000 düğümler arası bağlantıdan oluşabilir ya da 400 düğüm * 400 düğümden meydana gelen 160000 düğümler arası bağlantıdan oluşabilir. Benzetim ortamı ölçeklenebilirliğinin yanında birçok parametre ile düğüm yerleşimi sağlamaktadır. Bu parametreler ağın boyutu, konum belirleyici iletişim aralığı, işaretçi iletişim aralığı, konum belirleyici başlangıç açısı ve konum belirleyici ışın genişliğinden oluşur.

Ağın boyutu, ağın içerisinde düğümlerin kaç adet bulunduğunu ifade etmektedir. Konum belirleyici iletişim aralığı, bir konum belirleyicinin bir başka düğüme paket gönderdiği mesafeyi ifade etmektedir. İşaretçi iletişim aralığı, işaretçilerin diğer düğümlere paket gönderdiği mesafeyi ifade etmektedir. Konum belirleyici ışın başlangıç açısı, konum belirleyicinin küresel koordinat düzlemi üzerinde olduğu düşünülerek hangi açıdan başlayarak kendi ışın genişliğinde iletim yaptığını ifade etmektedir. Konum belirleyici ışın genişliği ise, konum belirleyiciler çembersel bölge oluşturacak şekilde yönsüz anten yerine belli bir açı ile yönlü anten kullanarak iletim yapmaktadır. Yapılan bu iletimin ne kadar genişlikte bir yay içerisinde yapılacağını ifade etmektedir.

Konum belirleyici ışın genişliği 5° - 60° aralığında değer almaktadır. İşaretçi iletişim aralığı 20-100 m, konum belirleyici iletişim aralığı 50-500 m arasında değer almaktadır. Konum belirleyici ışın başlangıç açısı konum belirleyiciye göre değişmektedir. Yedi konum belirleyici (Locator 0, Locator 1, Locator2, Locator 4, Locator 5, Locator 6, Locator 7) için ışın başlangıç açısı 0° - 315° aralığında bir değer almaktadır. Bir konum belirleyici (Locator 3) için ışın başlangıç açısı 0° - 360° aralığında bir değer almaktadır.



Şekil 4. 1. WSN Localization Simulator

WSN Localization Simulator kullanıcı ara yüzü çalıştırma aşamaları on adımdan oluşmaktadır.

1. Ağ parametreleri (Network Parameters) bölümünde yer alan konum belirleyici, işaretçi, hareketli ve sabit algılayıcı sayıları belirlenmektedir.

2. Konum belirleyici yerleşim stratejisinde yer alan rastgele, sekiz konum belirleyici ile düzenli, altı konum belirleyici ile düzenli, beş konum belirleyici ile düzenli ve tabanda iki konum belirleyici seçeneklerinden biri seçilmektedir.

3. Kullanılacak algoritmada konum belirleyicilerin anten tipi seçilmektedir.

4. Daha önce sayısı belirlenen algılayıcı düğüm, konum belirleyici ve eğer seçildiyse işaretçi düğümlerin yerleşimi benzetim ortamı kontrol bölümündeki düğme (Deploy WSN) ile yapılmaktadır.

5. Yerleşimi yapılan düğüm için yine kontrol bölümünde yer alan benzetimi başlatma düğmesine basılmaktadır.

6. Benzetime başlayan ağ üzerinde konumlandırma parametrelerinde yer alan tahmin edilen konum kutusu işaretlenmektedir. Daha sonra yine bu bölümde yer alan konum belirleyici iletim aralığı, işaretçi iletişim aralığı ve konum belirleyici ışın genişliği belirlenmektedir. Konum belirleyici ışın başlangıç açısı bölümünde yer alan konum belirleyicilerin açı değerleri belirlenmektedir.

7. Tüm parametreler ve değişkenler belirlendikten sonra konumlandırma algoritması seçilmektedir.

8. Çıktı dosyasının adı düzenlenmektedir.

9. Konum belirleyici sayısı bölümde yer alan kutucuklar sırayla seçilerek kaç adet konum belirleyicinin kesişim noktasında kaç adet algılayıcı düğüm olduğu kontrol edilmektedir.

10. Benzetim ortamı kontrol bölümünde benzetimi durdur düğmesi seçilmektedir.

4.2. Kablosuz Algılayıcı Ağı Konumlandırma Benzetim Ortamı Uygulama Senaryoları

Kablosuz algılayıcı ağı konumlandırma benzetim ortamı ile fiziki kablosuz algılayıcı ağ yapılarının benzetimi yapılırken bazı parametrelerin belirlenmesi gerekmektedir. Bunlar konum belirleyicilerin iletişim aralığı, işaretçilerin iletişim aralığı, konum belirleyici ışın genişliği ve konum belirleyici ışın başlangıç açılarıdır. Bu değişkenlerin dışında benzetim sırasında kullanılacak değerler belirlenmektedir. Diğer değişkenler düğüm sayısı ve düğümlerin yerleşimidir. Bu iki değişken ile dört farklı uygulama senaryosu ortaya konulmuştur.

Senaryo 1: Rastgele dağıtılmış, 1000 algılayıcı düğüm, 50 işaretçi, sekiz konum belirleyici, 20 birim güç seviyeleri arası ayrım, rastgele hareket

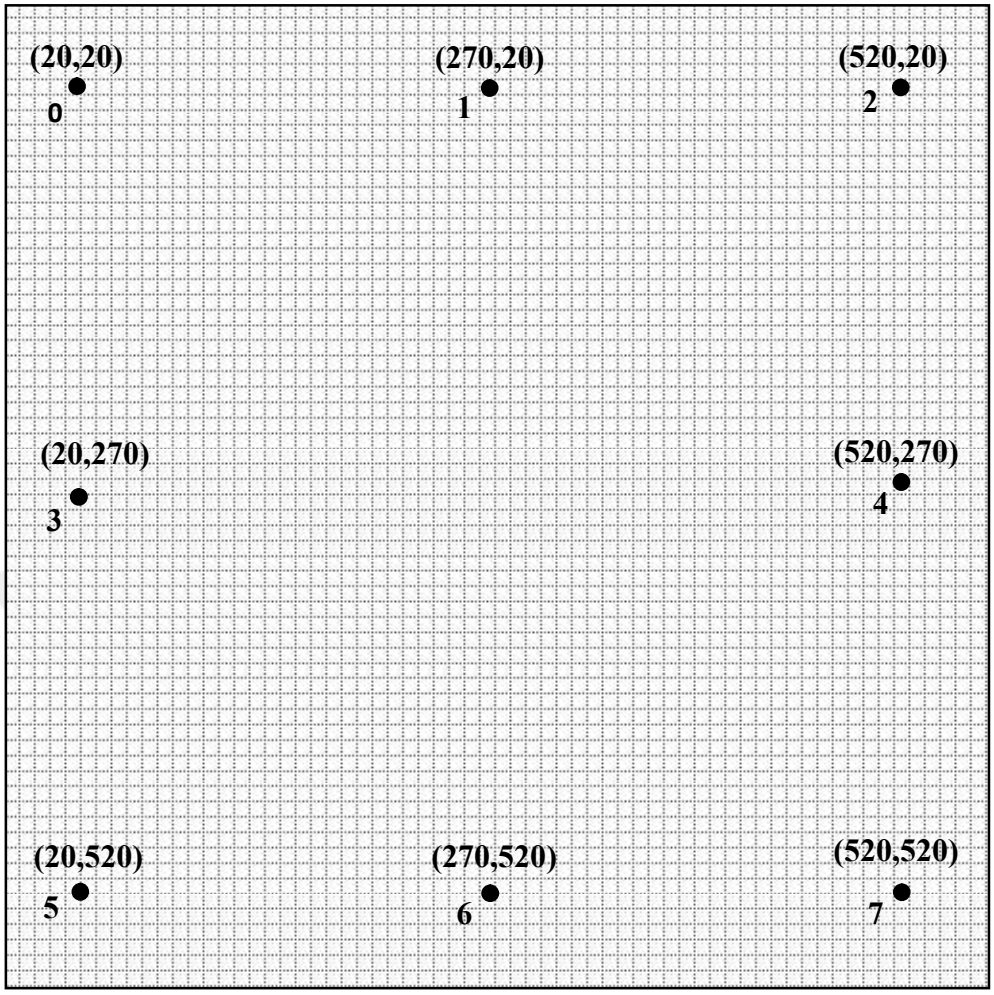
Senaryo 2: Rastgele dağıtılmış, 200 algılayıcı düğüm, 50 işaretçi, sekiz konum belirleyici, 20 birim güç seviyeleri arası ayrım, rastgele hareket

Senaryo 3: Düzenli dağıtılmış, 1000 algılayıcı düğüm, 50 işaretçi, sekiz konum belirleyici, 20 birim güç seviyeleri arası ayrım, düzenli hareket

Senaryo 4: Düzenli dağıtılmış, 200 algılayıcı düğüm, 50 işaretçi, sekiz konum belirleyici, 20 birim güç seviyeleri arası ayrım, düzenli hareket

Uygulama senaryoları kablosuz algılayıcı ağı düğüm sayısı ve düğümlerin ağ içerisinde dağıtılma şekline göre belirlenmiştir. Bu çalışma içerisinde kullanılacak uygulama senaryoları düğüm sayısına göre sık yerleşim ve seyrek yerleşim olarak iki farklı gruba ayrılmıştır. Bu yerleşim şekilleri düğümlerin ağ içerisinde dağıtılmasına göre rastgele dağıtılmış ve düzenli dağıtılmış olarak iki şekilde gruplanmıştır. Bu gruplandırmalardan rastgele dağıtılmış sık yerleşim, rastgele dağıtılmış seyrek yerleşim, düzenli dağıtılmış sık yerleşim, düzenli dağıtılmış seyrek yerleşim uygulama senaryoları ortaya çıkmıştır.

Düğüm sayısına göre sık yerleşim ve seyrek yerleşim gruplarında algılayıcı düğümlerin konumlarının belirlenmesi, ağ yapısında bulunan algılayıcı düğüm sayısındaki değişiklik üzerinden incelenmiştir. Ağ yapılarında düğümlerin yüzdelik olarak dağılımlarına bakıldığında en az yüzde konum belirleyicilere ait olmaktadır. Konum belirleyicileri işaretçi düğümler takip etmektedir. En yüksek yüzdelik dilim algılayıcı düğümlere ait olmaktadır. Bu nedenle sık yerleşim yapılmış kablosuz algılayıcı ağ yapıları için düğüm sayıları 1000 adet algılayıcı düğüm, 50 adet işaretçi ve sekiz adet konum belirleyici olarak belirlenmiştir. Seyrek yerleşim yapılmış kablosuz algılayıcı ağ yapıları için düğüm sayıları 200 adet algılayıcı düğüm, 50 adet işaretçi ve sekiz adet konum belirleyici olarak belirlenmiştir.

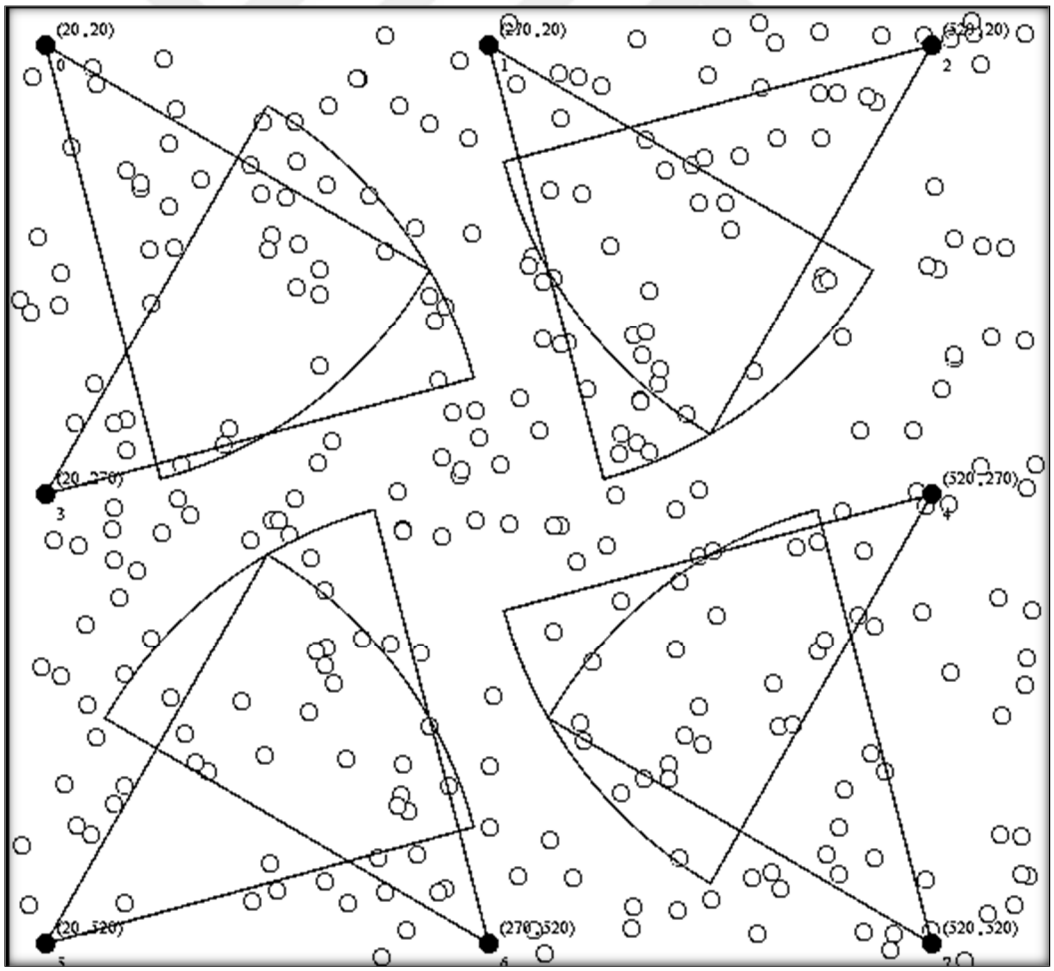


Şekil 4. 2. Düzenli Dağıtım Konum Belirleyici Yerleşimi

Belirlenen uygulama senaryolarında her senaryo için sabit olarak belirlenen parametreler; konum belirleyici ve işaretçilerin iletişim aralığı, konum belirleyicinin ışın genişliği ve açılarıdır. Düğümlerin yerleştirildiği alan 540 * 540 cm ebatlarındadır. Düğümlerin düzenli dağıtımının yapıldığı senaryolarda sekiz adet konum belirleyici bu alana düzenli bir şekilde yerleştirilmektedir. Bu durumda x ve y doğrultusundaki kenarlara eşit sayıda konum belirleyici yerleştirilmektedir. Düğüm sayılarına göre yerleşimlerde konum belirleyicilerin sayısı sabit tutulduğu için konum belirleyiciler arası iletişim aralığı düzenli dağıtıma göre belirlenmiştir. Küresel koordinat sistemi üzerine yerleştirildiği düşünülürse ağın yerleştirildiği düzlemin başlangıç noktası (0,0) noktasında başlamaktadır. Bu düzlemde ağın koordinat düzleminde bitiş noktası (540,540) noktası olmaktadır. X doğrultusunda üç adet konum belirleyici yerleşimi yapıldığında iki konum belirleyici arasındaki aralık her defasında birbirine eşit olmalıdır. Bu durum göz önüne alındığında (20,20) noktasına ilk konum belirleyici

yerleştirildiğinde ve üçüncü konum belirleyicinin aynı doğrultuda (520,20) noktasına yerleştirileceği bilindiğinden ikinci konum belirleyici (270,20) noktasına yerleştirilir. Bu nokta ilk ve üçüncü konum belirleyicinin tam ortasında yer almaktadır. Bu şekilde bir düzenli dağıtım kullanıldığı için konum belirleyici iletişim aralığı 250 m olmaktadır. Aynı şekilde tüm kenarlara konum belirleyiciler yerleştirilmektedir. Tüm konum belirleyiciler yerleştirildiğinde Şekil 4.2'de gösterildiği şekilde bir yerleşim elde edilmektedir.

Uygulama senaryoları için belirlenen 1000 adet ve 200 adet olmak üzere farklı sayılarda algılayıcı düğümleri 50 adet işaretçiler takip etmektedir. Konum tahminlerinin doğruluğu ağ içerisindeki işaretçi sayısına bağlı olmaktadır. İşaretçi düğümleri ve algılayıcı düğümler ağ içerisinde her zaman rastgele yerleştirilmektedir. 250 m iletişim aralığına sahip sekiz konum belirleyicinin bulunduğu bir kablosuz algılayıcı ağı için 50 adet işaretçi düğüm rastgele yerleşim için 50 m iletişim aralığı kullanabilmektedir.



Şekil 4. 3. Konum Belirleyici Işınlarının Başlangıç Açıları

Konumlandırma algoritmaları içinde HiRLoc ve SeRLoc algoritmaları belirli bir açı ile yönlendirilmiş antenler kullanmaktadır. Bu nedenle konum belirleyicilerin ışınlarının başlangıç açıları sadece bu iki algoritma için önemlidir. Bu durumda başlangıç açıları algoritmalardan beklenen verilere göre belirlenmektedir. Bu çalışma için 45° genişlikte bir konum belirleyici ışınıyla algoritmalar çalıştırılmaktadır. Konum belirleyici ışını başlangıç açıları küresel koordinat düzlemi üzerinde belirlenmektedir. Küresel koordinat düzleminde açıların yerleşimi saat yönünde gerçekleştirilmektedir. Düzenli dağıtımla yerleştirilmiş konum belirleyiciler için konum belirleyici ışınlarının başlangıç açıları Şekil 4.3'de gösterilmektedir. Şekil 4.3'de görülen açılar konum belirleyici 0: 30°, konum belirleyici 1: 30°, konum belirleyici 2: 120°, konum belirleyici 3: 300°, konum belirleyici 4: 120°, konum belirleyici 5: 300°, konum belirleyici 6: 210°, konum belirleyici 7: 210° şeklindedir.

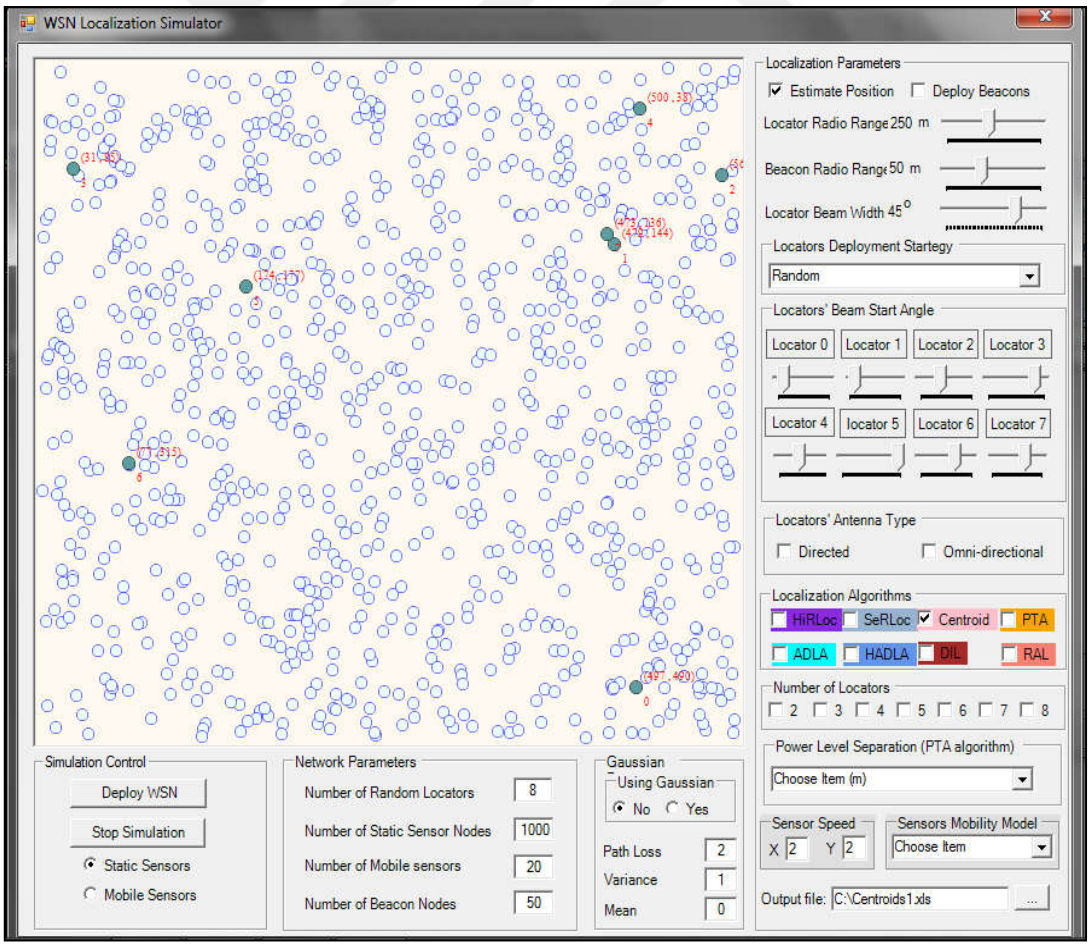
4.3. Kablosuz Algılayıcı Ağı Konumlandırma Benzetim Ortamı Uygulama Senaryolarının Çalıştırılması

Kablosuz algılayıcı ağlarında konumlandırma algoritmalarının başarımlarının değerlendirilebilmesi için belirlenen konumlandırma algoritmaları aynı uygulama senaryoları üzerinde çalıştırılmıştır. Aynı kriterlere sahip senaryolar üzerinde algoritmaların çalıştırılması ile konumlandırma algoritmalarının kaç adet algılayıcı düğüm konumunu tespit edebildiği, bu işlemi ne kadarlık bir ortalama hata değeri ile yapabildiği ve bu işlemlerin ne kadar sürede ne kadar işlemci kullanılarak gerçekleştirildiği şeklindeki sonuç verilerine ulaşılmaktadır. Elde edilen sonuç verileri ile algoritmaların her uygulama senaryosu için konumlandırma başarımlarının karşılaştırmalı olarak değerlendirilmesi yapılmaktadır.

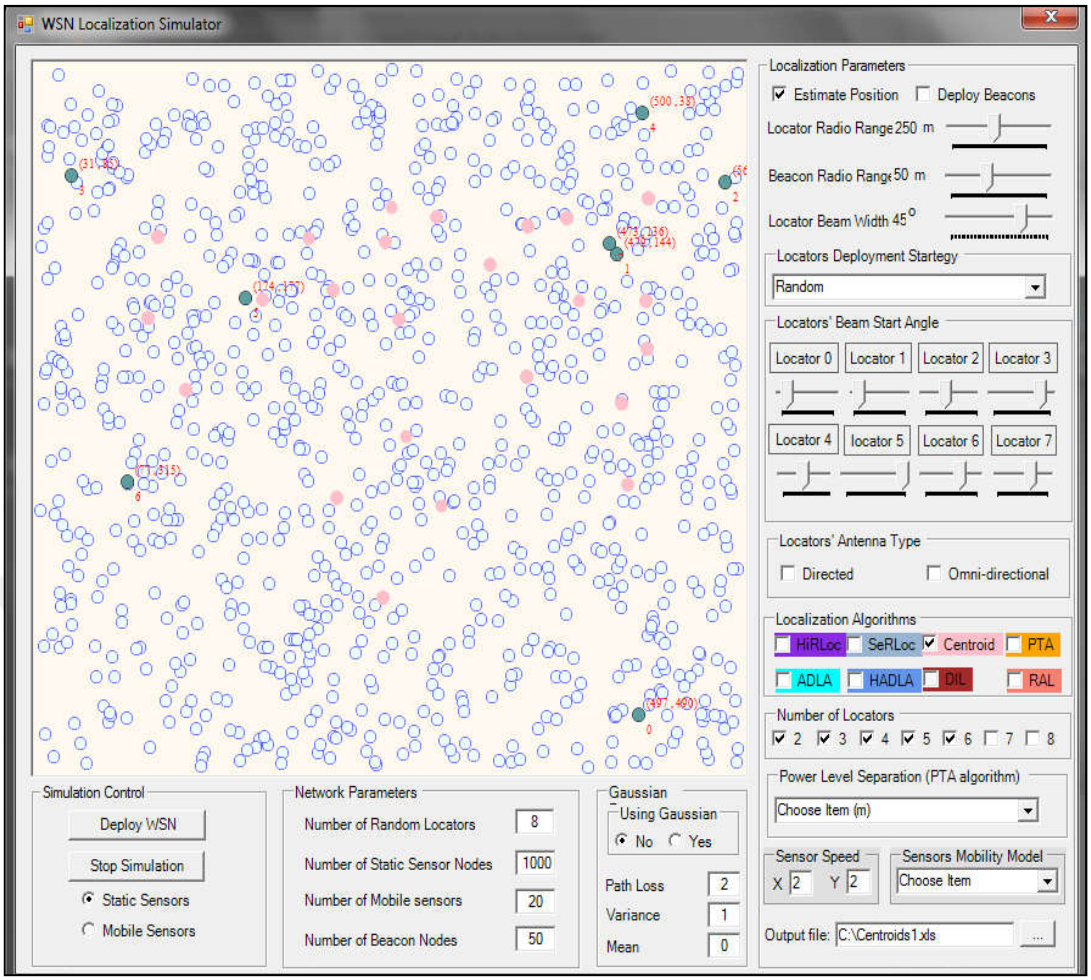
Bölüm 4.2'de açık bir şekilde belirtilen dört farklı uygulama senaryosu algoritmalara uygulanmaktır. Bunun için Senaryo 1'den başlanarak algoritmalar her senaryo için senaryo gereklerine göre çalıştırılmaktadır.

Senaryo 1 için Centroid, ADLA, HiRLoc, SeRLoc, DIL, RAL ve PTA konumlandırma algoritmaları sırası ile çalıştırılmaktadır. Senaryo 1'de Centroid algoritması için rastgele dağıtım, 1000 adet algılayıcı düğüm ile sık yerleşim ve sekiz

adet konum belirleyici kullanılmaktadır. Centroid konumlandırma algoritmasında konumu bilinen düğümlerin konum verileri üzerinden konum tahmini yapıldığı için anten kullanılmamaktadır. Centroid için uygulama senaryosu çalıştırılırken algılayıcı düğüm sayısı belirlendikten sonra konum belirleyici yerleşim stratejisi rastgele olarak seçilerek konum belirleyici iletişim aralığı ayarlanmaktadır. Algılayıcı düğüm ve konum belirleyici yerleşimi yapılarak benzetim başlatılmaktadır. Konum tahmini işaretlendikten sonra Centroid algoritması seçilerek çıktı dosyasının adı belirlenmektedir. Tüm bu işlemler yapıldıktan sonra Centroid algoritması konum tahmini yapmaya başlamadan önce algılayıcı düğüm ve konum belirleyicilerin yerleşimleri Şekil 4.4'de gösterilmektedir. Konum belirleyicilerin sayısı 2, 3, 4, 5, 6, 7 ve 8 konum belirleyici için kontrol edilerek tüm algılayıcı düğümlerin işaretlenmesi bitene kadar kontrole devam edilmektedir. Konum tahmini kontrolü yapılan düğümler belirlenen renkle düğümlerin görüntülendiği bölümde gösterilmektedir. Konum tahmini yapılan algılayıcı düğümlerin boyanmış halleri Şekil 4.5'de gösterilmektedir.

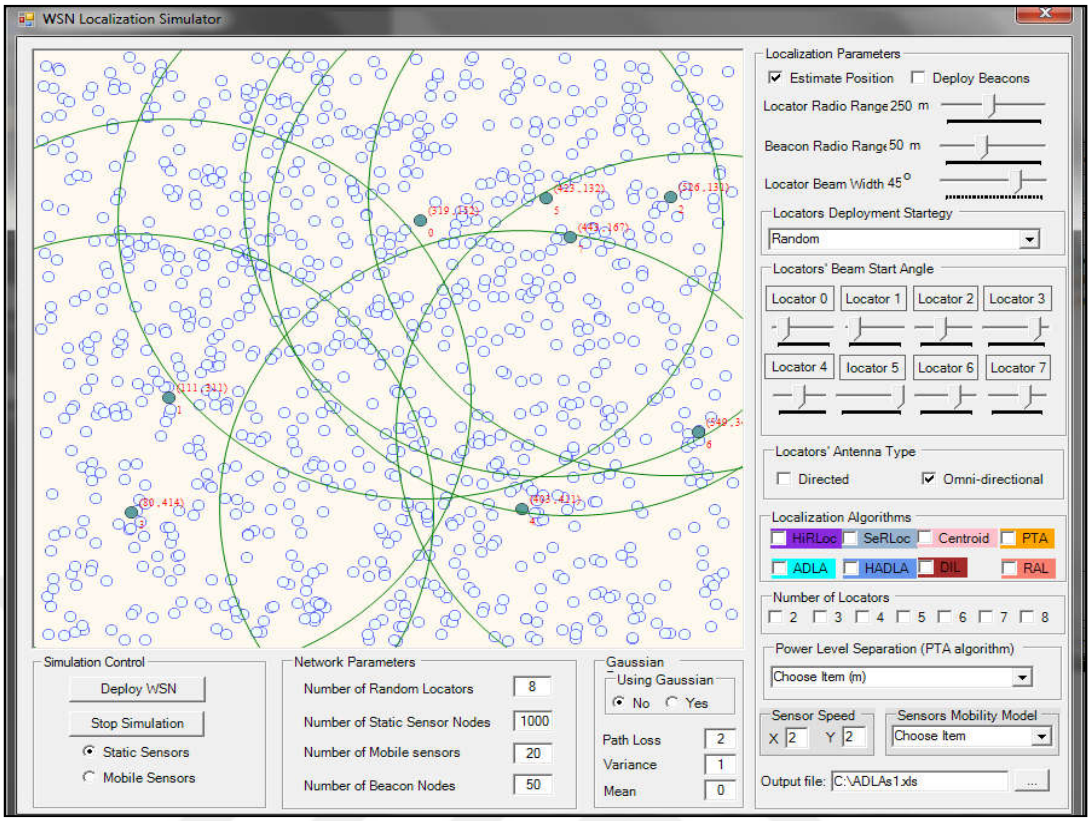


Şekil 4. 4. Senaryo 1 için Centroid Algoritması Düğüm Yerleşimi

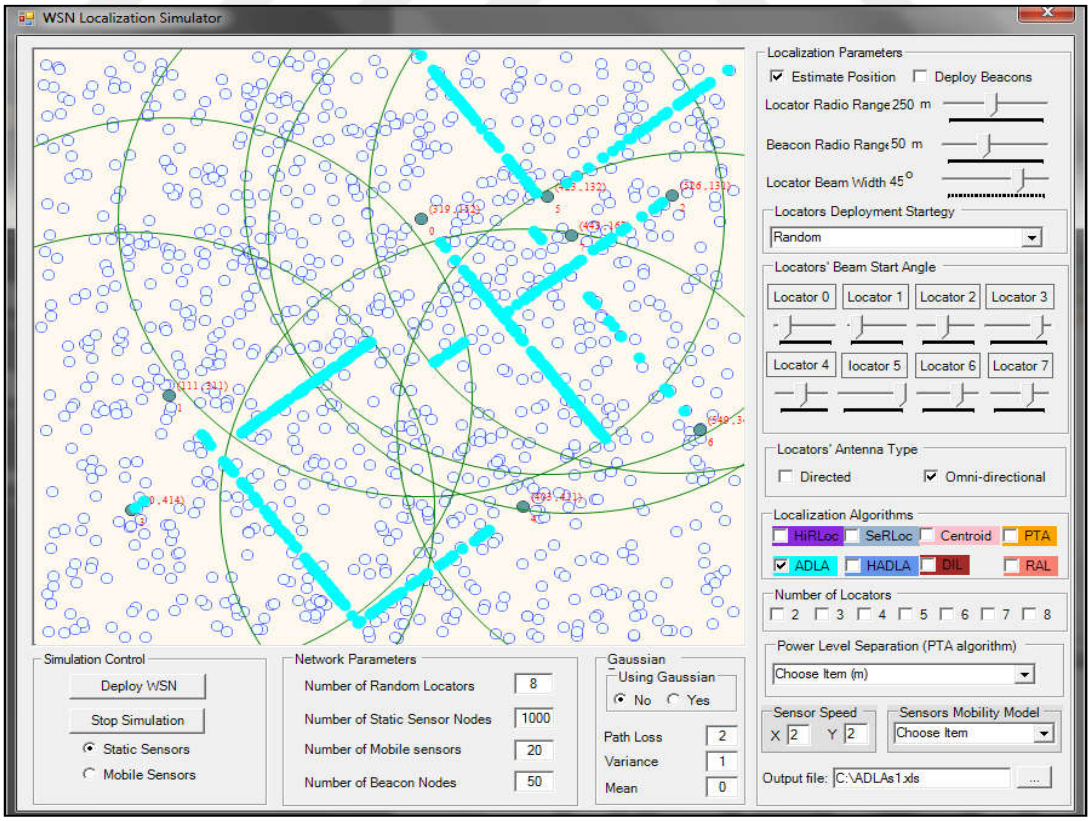


Şekil 4. 5. Senaryo 1 için Centroid Algoritması Konum Tahmini Yapılan Algılayıcı Düğümler

Senaryo 1'de ADLA algoritması için tüm yönlü anten, rastgele dağıtım, 1000 adet algılayıcı düğüm ile sık yerleşim ve sekiz adet konum belirleyici kullanılmaktadır. Uygulama senaryosu çalıştırılırken öncelikle 1000 adet algılayıcı düğüm ara yüzde ağ parametreleri kısmında düzenlendikten sonra konum belirleyici yerleşim stratejisi rastgele olarak seçilmektedir. Ardından ADLA algoritmasının kullandığı tüm yönlü anten seçilerek algılayıcı düğüm iletişim aralığı belirlenen değere ayarlanır. Algılayıcı düğüm ve konum belirleyicilerin yerleşimi yapılır. Benzetim başlatıldıktan sonra konum tahmini seçilerek çıktı dosyasının adı belirlenmektedir. Algoritma çalışmaya başlamadan önce algılayıcı düğümlerin ve konum belirleyicilerin yerleşimi Şekil 4.6'da gösterilmektedir. ADLA algoritması seçilerek konum tahmini yapılan algılayıcı düğümler belirlenen renkte boyanmaktadır. Konum tahmini yapılan boyanmış algılayıcı düğümler Şekil 4.7'de gösterilmektedir.

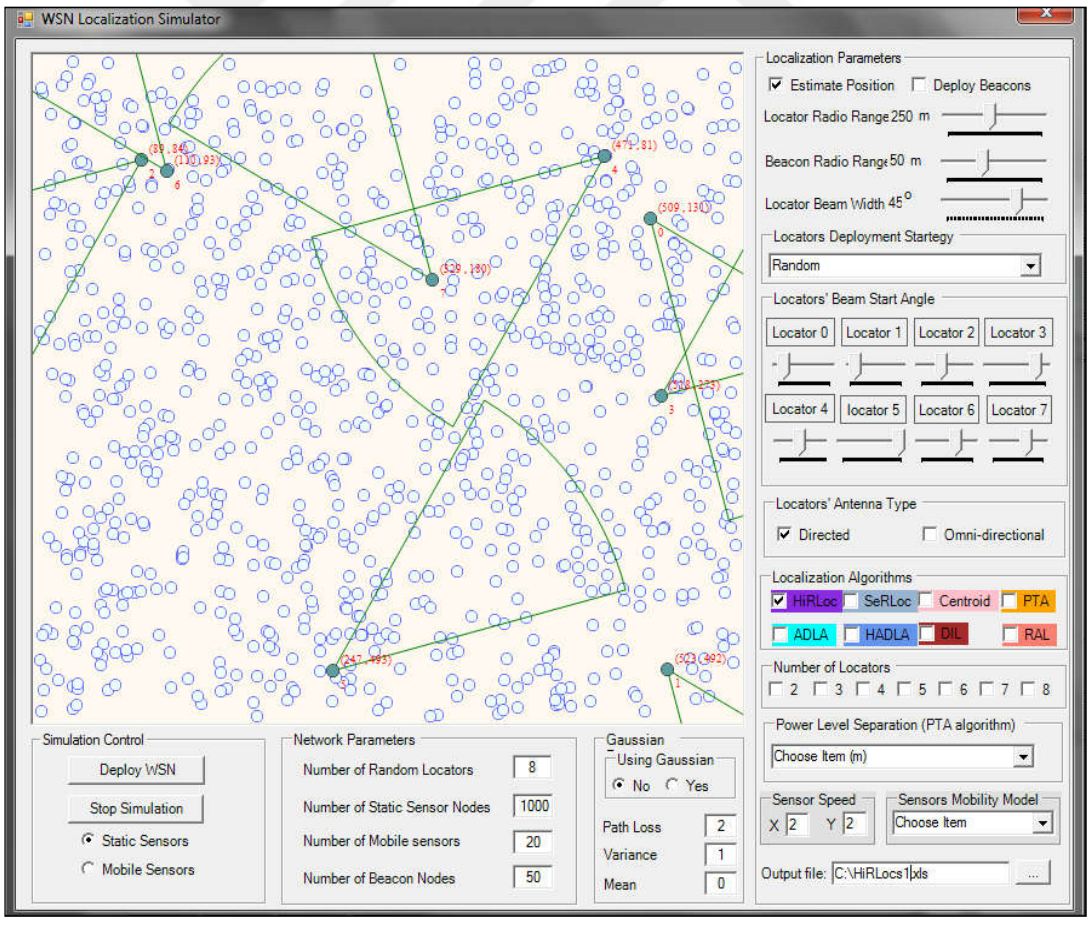


Şekil 4. 6. Senaryo 1 için ADLA Algoritması Düğüm Yerleşimi

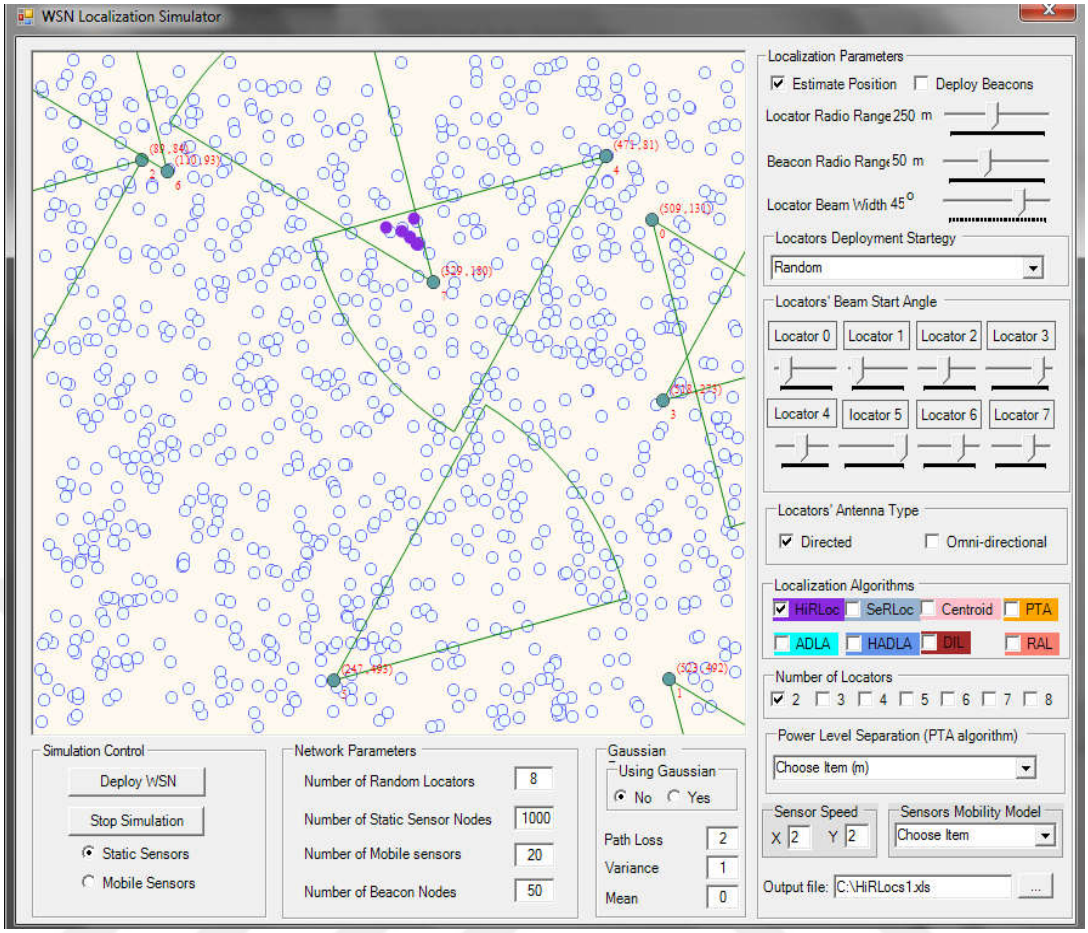


Şekil 4. 7. Senaryo 1 için ADLA Algoritması Konum Tahmini Yapılan Algılayıcı Düğümler

Senaryo 1'de HiRLoc algoritması için yönlü anten, rastgele dağıtım, 1000 adet algılayıcı düğüm ile sık yerleşim ve sekiz adet konum belirleyici kullanılmaktadır. Uygulama senaryosu çalıştırılırken öncelikle algılayıcı düğüm ve konum belirleyici sayıları ara yüzde ağ parametreleri kısmında ayarlanır. Ardından konum belirleyici yerleşim stratejisi rastgele olarak seçildikten sonra konum belirleyici iletişim aralığı düzenlenir. HiRLoc algoritmasının kullandığı anten tipi yönlü anten olarak seçilir. Konum belirleyicilerin kullandığı antenlerin ışın genişliği ve başlangıç açıları belirlenen değerlere ayarlanarak düğüm yerleşimi yapılır. Benzetim başlatıldıktan sonra konum tahmini seçilerek HiRLoc algoritması seçilir. Çıktı dosyasının adı belirlendikten sonra kesişen konum belirleyicilerin sayısı tek tek kontrol edilmektedir. Şekil 4.8'de HiRLoc algoritması için düğüm yerleşimleri gösterilmektedir. Konum belirleyicilerin sayısı kontrol edilirken kesişen konum belirleyicilerin olduğu bölgede konumu belirlenen algılayıcılar belirlenen renklerde boyanmaktadır. Şekil 4.9'da ise algoritma sonucu konumları tespit edilen düğümlerin boyanmış halleri gösterilmektedir.

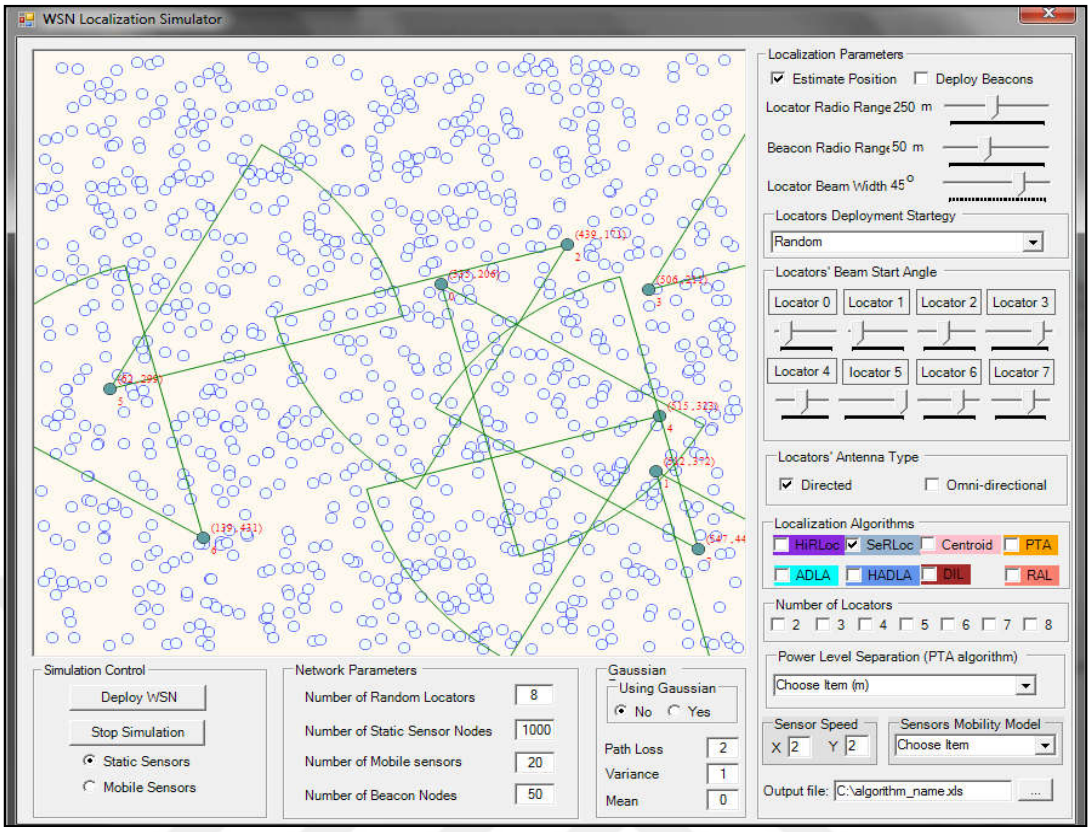


Şekil 4. 8. Senaryo 1 için HiRLoc Algoritması Düğüm Yerleşimi

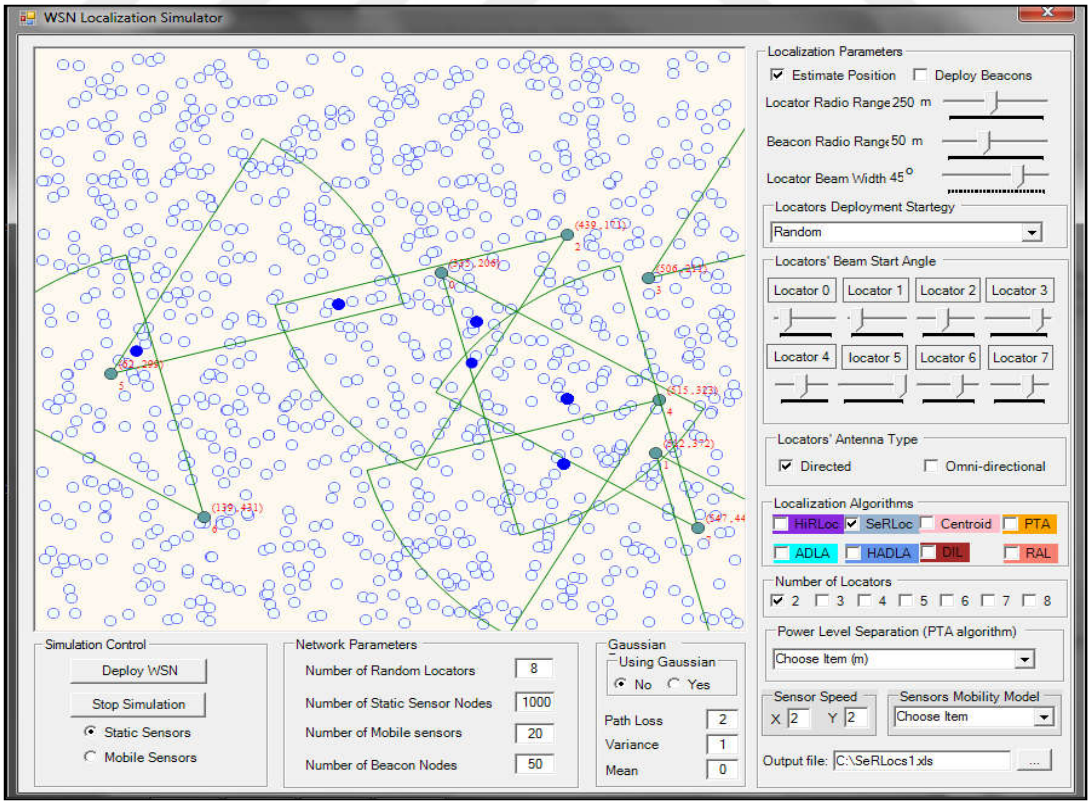


Şekil 4. 9.Senaryo 1 için HiRLoc Algoritması Konum Tahmini Yapılan Algılayıcı Düğümler

Senaryo 1'de SeRLoc algoritması için yönlü anten, rastgele dağıtım, 1000 adet algılayıcı düğüm ile sık yerleşim ve sekiz adet konum belirleyici kullanılmaktadır. Uygulama senaryosu çalıştırılırken öncelikle algılayıcı düğüm ve konum belirleyici değerleri ara yüzde ayarlanır. Ardından konum belirleyici yerleşim stratejisi rastgele olarak seçildikten sonra konum belirleyici iletişim aralığı düzenlenir. Ardından algoritmanın kullandığı anten tipi olarak yönlü anten seçilir. Kullanılan antenlerin ışın genişliği ve başlangıç açıları belirlenen değerlere ayarlanarak düğüm yerleşimi yapılır. Benzetim başlatıldıktan sonra konum tahmini seçilerek SeRLoc algoritması seçilir. Çıktı dosyasının adı belirlendikten sonra kesişen konum belirleyicilerin sayısı tek tek kontrol edilmektedir. Şekil 4.10'da SeRLoc algoritması için düğüm yerleşimleri gösterilmektedir. Konum belirleyicilerin sayısı kontrol edilirken kesişen konum belirleyicilerin olduğu bölgede konumu belirlenen algılayıcılar belirlenen renklerde boyanmaktadır. Şekil 4.11'de ise algoritma sonucu konumları tespit edilen düğümlerin boyanmış halleri gösterilmektedir.

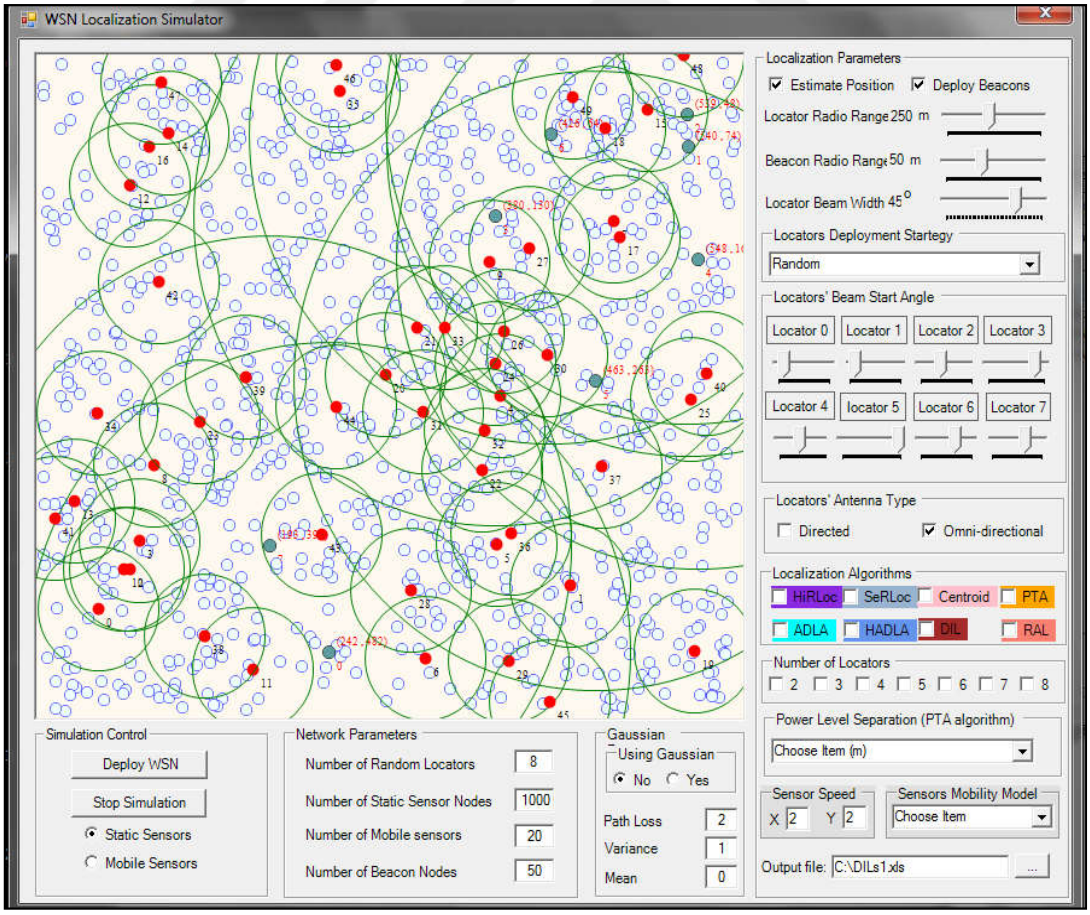


Şekil 4. 10. Senaryo 1 için SeRLoc Algoritması Düğüm Yerleşimi

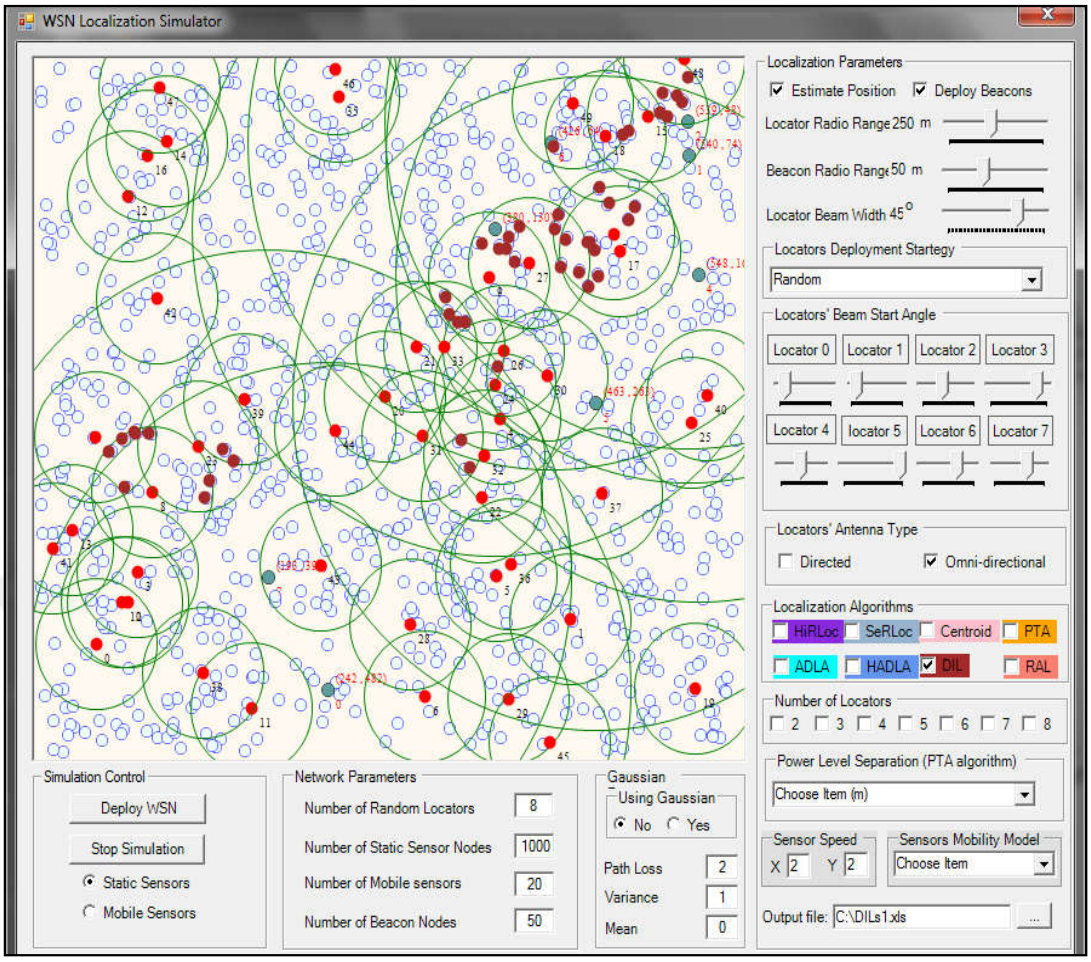


Şekil 4. 11. Senaryo 1 için SeRLoc Algoritması Konum Tahmini Yapılan Algılayıcı Düğümler

Senaryo 1'de DIL algoritması için tüm yönlü anten, rastgele dağıtım, 1000 adet algılayıcı düğüm ile sık yerleşim, 50 adet işaretçi düğüm ve sekiz adet konum belirleyici kullanılmaktadır. DIL algoritması için uygulama senaryosu çalıştırılırken algılayıcı düğüm ve işaretçi düğüm sayıları ara yüzde düzenlendikten sonra konum belirleyici yerleşim stratejisi rastgele olarak seçilmektedir. DIL algoritmasının kullandığı tüm yönlü anten seçilerek konum belirleyici ve işaretçi iletişim aralığı belirlenen değere ayarlanır. Ardından işaretçi yerleşimleri yapılır. İşaretçi düğümlerin yerleşimi seçildikten sonra tüm algılayıcı ağ düğümlerinin yerleşimi de yapılarak benzetim başlatılmaktadır. Konum tahmini işaretlendikten sonra çıktı dosyasının adı belirlenmektedir. Algoritma çalışmaya başlamadan önce algılayıcı düğüm, işaretçi düğüm ve konum belirleyici yerleşimleri Şekil 4.12'de gösterilmektedir. DIL algoritması seçilerek konum tahmini yapılan algılayıcı düğümlerinin belirlenen renk ile boyanması sağlanır. Konum tahmini yapılan boyanmış algılayıcı düğümler Şekil 4.13'de gösterilmektedir.

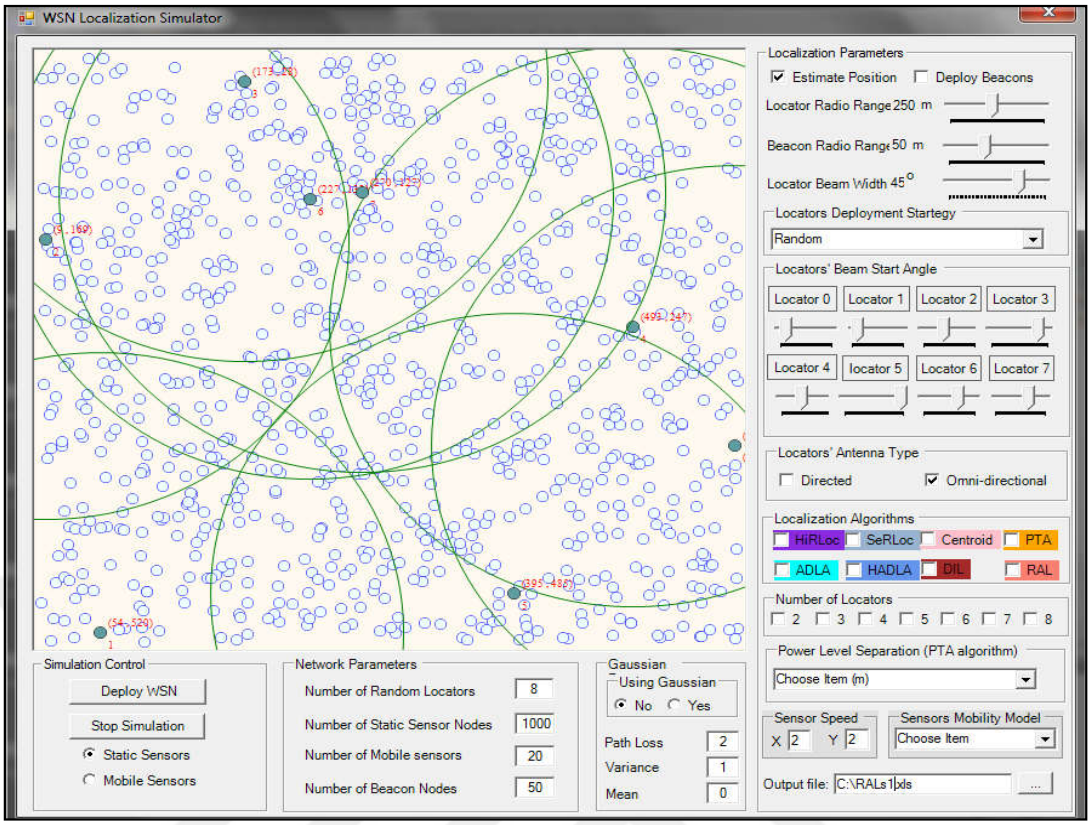


Şekil 4. 12. Senaryo 1 için DIL Algoritması Düğüm Yerleşimi

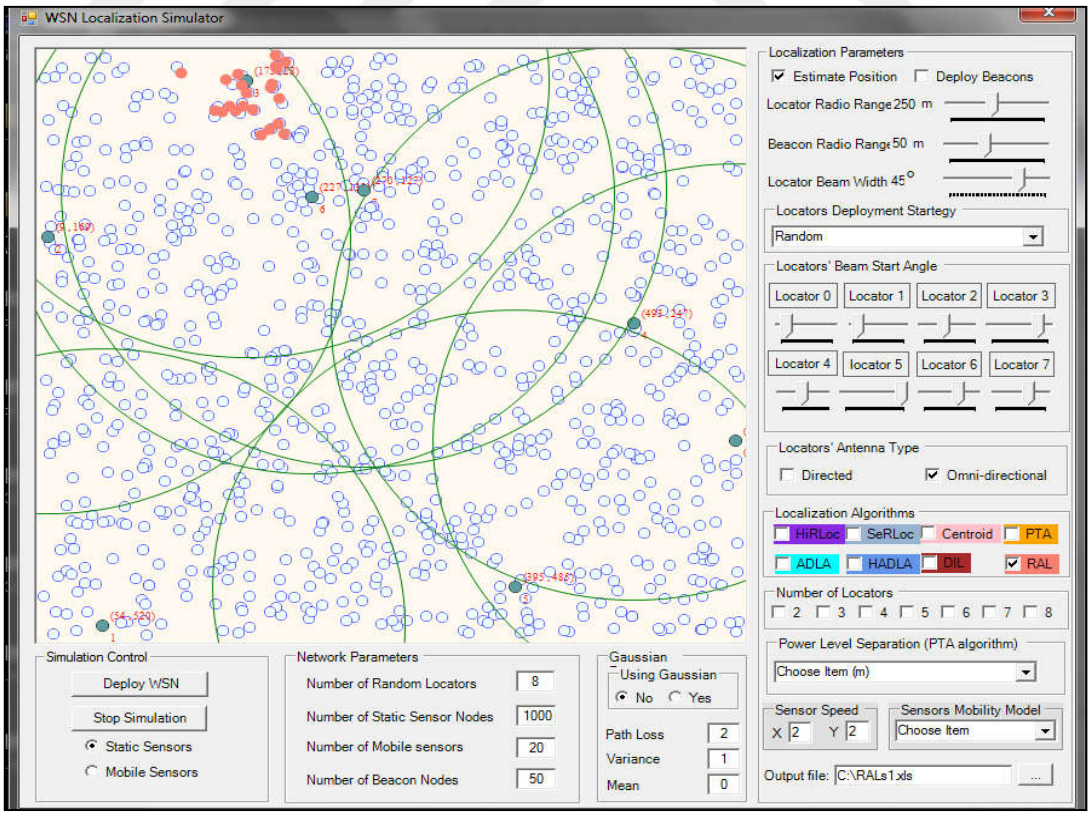


Şekil 4. 13.Senaryo 1 için DIL Algoritması Konum Tahmini Yapılan Algılayıcı Düğümler

Senaryo 1'de RAL algoritması için tüm yönlü anten, rastgele dağıtım, 1000 adet algılayıcı düğüm ile sık yerleşim ve sekiz adet konum belirleyici kullanılmaktadır. Uygulama senaryosu çalıştırılırken öncelikle algılayıcı düğüm ara yüzde ağ parametreleri kısmında düzenlendikten sonra konum belirleyici yerleşim stratejisi rastgele olarak seçilmektedir. Konum belirleyici iletişim aralığı belirlenen değere ayarlanır. Ardından RAL algoritmasının kullandığı tüm yönlü anten seçilerek düğüm yerleşimi yapılır. Benzetim başlatıldıktan sonra konum tahmini seçilerek çıktı dosyasının adı belirlenmektedir. Algoritma çalışmaya başlamadan önce algılayıcı düğümlerin ve konum belirleyicilerin yerleşimi Şekil 4.14'de gösterilmektedir. RAL algoritması seçilerek belirlenen renkte boyanan algılayıcı düğümler Şekil 4.15'de gösterilmektedir. RAL algoritmasının WSN konumlandırma benzetim ortamında çalıştırılması ADLA algoritmasına benzemektedir.

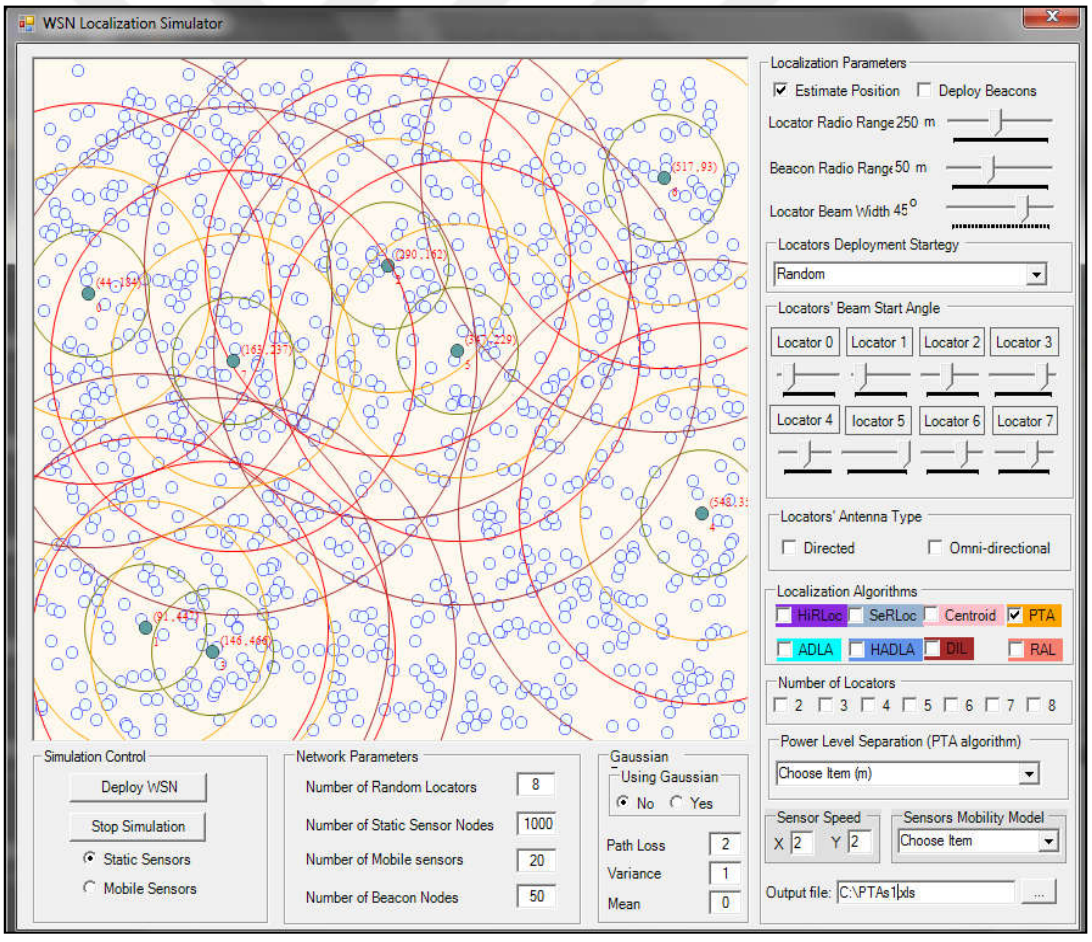


Şekil 4. 14. Senaryo 1 için RAL Algoritması Düğüm Yerleşimi

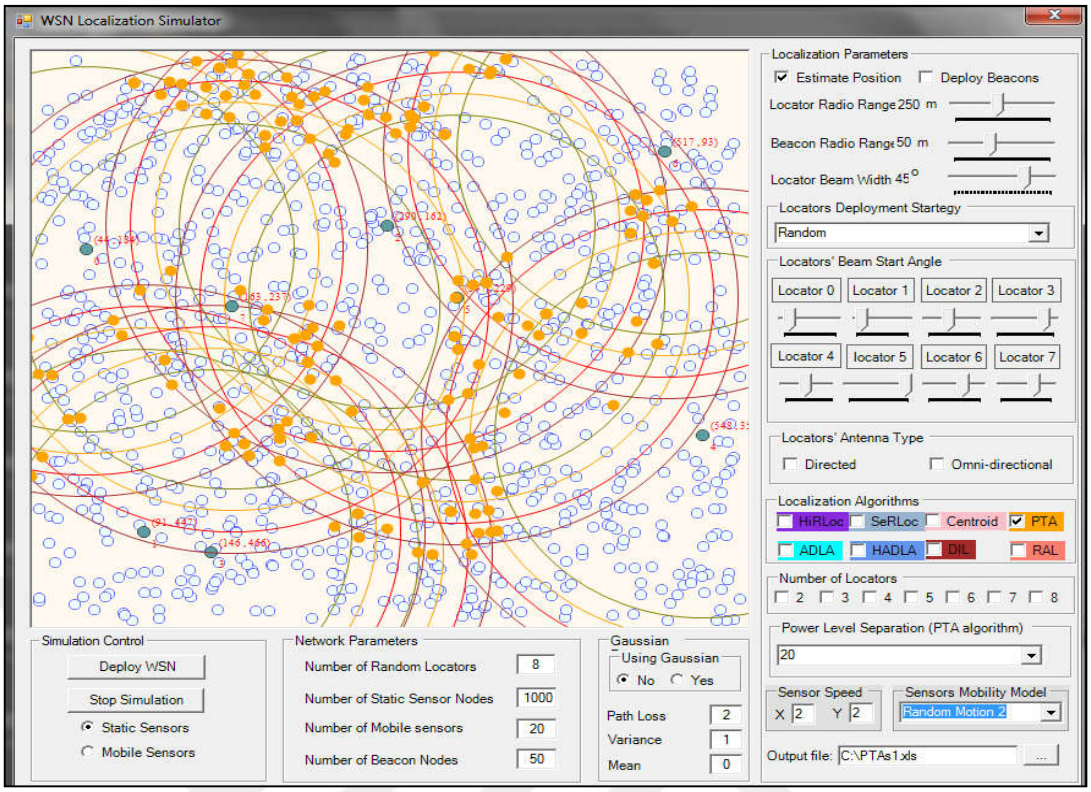


Şekil 4. 15. Senaryo 1 için RAL Algoritması Konum Tahmini Yapılan Algılayıcı Düğümler

Senaryo 1'de PTA algoritması için rastgele dağıtım, 1000 adet algılayıcı düğüm ile sık yerleşim ve sekiz adet konum belirleyici kullanılmaktadır. Uygulama senaryosu çalıştırılırken ara yüzde 1000 adet algılayıcı düğüm ve sekiz adet konum belirleyici ayarlanır. Daha sonra rastgele yerleşim stratejisi seçilerek konum belirleyici iletişim aralığı ayarlanarak algılayıcı düğüm ve konum belirleyici yerleşimi yapılır. Düğüm yerleşiminden sonra benzetim başlatılarak konum tahmini seçilmektedir. Konumlandırma algoritması PTA seçilmektedir. Üzerinde çalışılan uygulama senaryolarında enerji seviyesi ayrımı 20 birim olarak belirlendiği için 20 birimlik seviye ayrımlarıyla sinyal çemberleri oluşturulmaktadır. Çıktı dosyasının adı belirlendikten sonra düğüm yerleşimi Şekil 4.16'da gösterilmektedir. Enerji seviye ayrımı ve algılayıcıların hareket modeli seçildikten sonra konum tahmini yapılan belirlenen renkle boyanmaktadır. Boyanan algılayıcı düğümler Şekil 4.17'da gösterilmektedir.

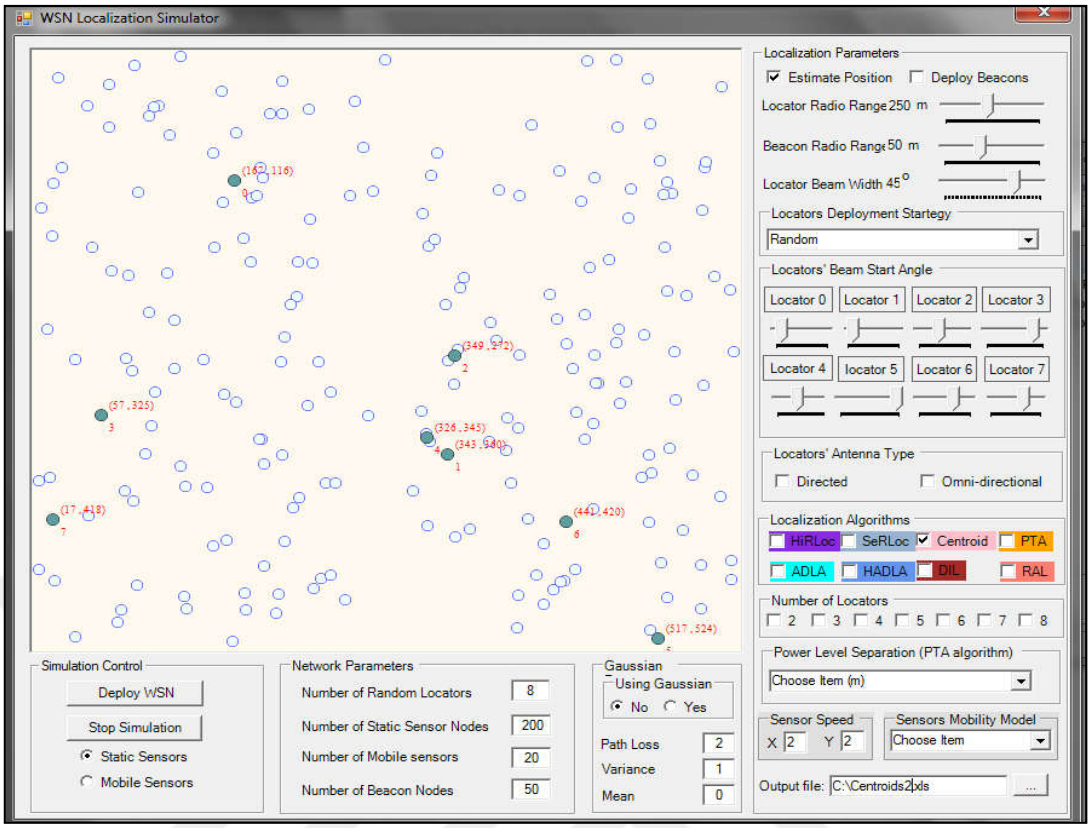


Şekil 4. 16. Senaryo 1 için PTA Algoritması Düğüm Yerleşimi

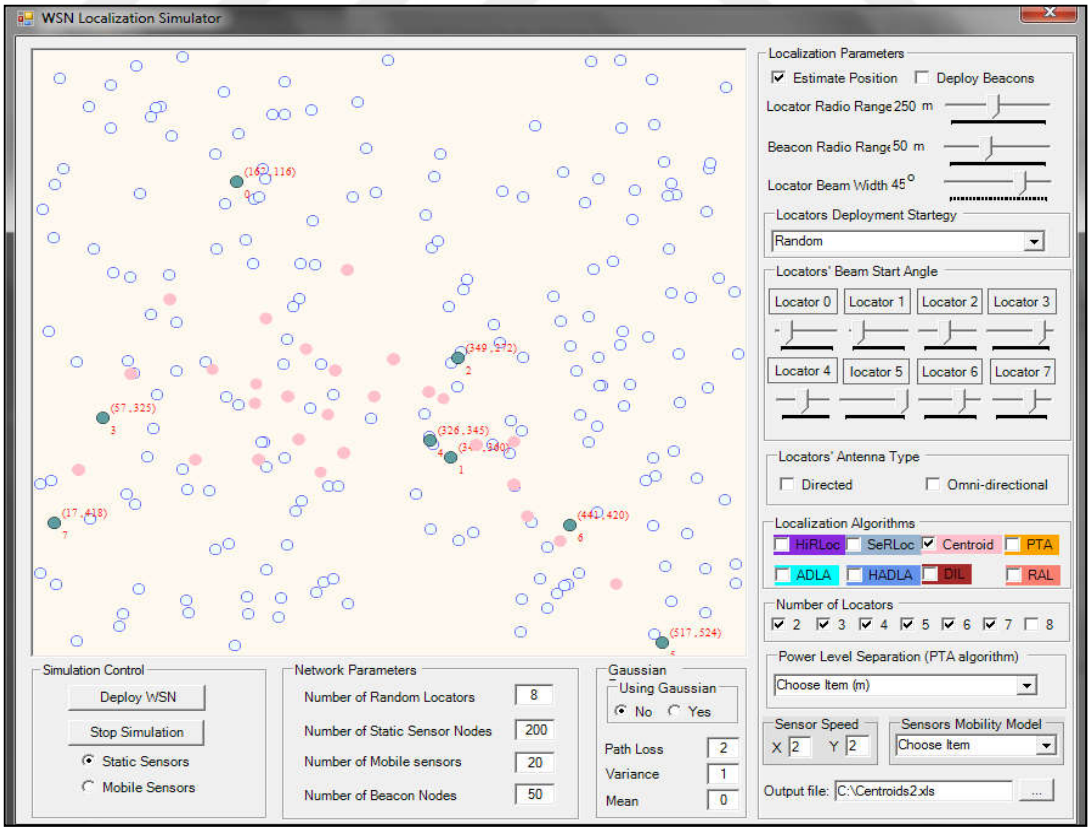


Şekil 4. 17. Senaryo 1 için PTA Algoritması Konum Tahmini Yapılan Algılayıcı Düğümler

Senaryo 2 için Centroid, ADLA, HiRLoc, SeRLoc, DIL, RAL ve PTA konumlandırma algoritmaları sırası ile çalıştırılmaktadır. Senaryo 2'de Centroid algoritması için rastgele dağıtım, 200 adet algılayıcı düğüm ile seyrek yerleşim ve sekiz adet konum belirleyici kullanılmaktadır. Centroid için uygulama senaryosu çalıştırılırken algılayıcı düğüm sayısı belirlendikten sonra konum belirleyici yerleşim stratejisi rastgele olarak seçilerek konum belirleyici iletişim aralığı ayarlanmaktadır. Algılayıcı düğüm ve konum belirleyici yerleşimi yapılarak benzetim başlatılmaktadır. Konum tahmini işaretlendikten sonra Centroid algoritması seçilerek çıktı dosyasının adı belirlenmektedir. Tüm bu işlemler yapıldıktan sonra Centroid algoritması konum tahmini yapmaya başlamadan önce algılayıcı düğüm ve konum belirleyicilerin yerleşimleri Şekil 4.18'de gösterilmektedir. Konum belirleyicilerin sayısı 2, 3, 4, 5, 6, 7 ve 8 konum belirleyici için kontrol edilerek tüm algılayıcı düğümlerin işaretlenmesi bitene kadar kontrole devam edilmektedir. Konum tahmini kontrolü yapılan düğümler belirlenen renkle düğümlerin görüntülendiği bölümde gösterilmektedir. Konum tahmini yapılan algılayıcı düğümlerin boyanmış halleri Şekil 4.19'de gösterilmektedir.

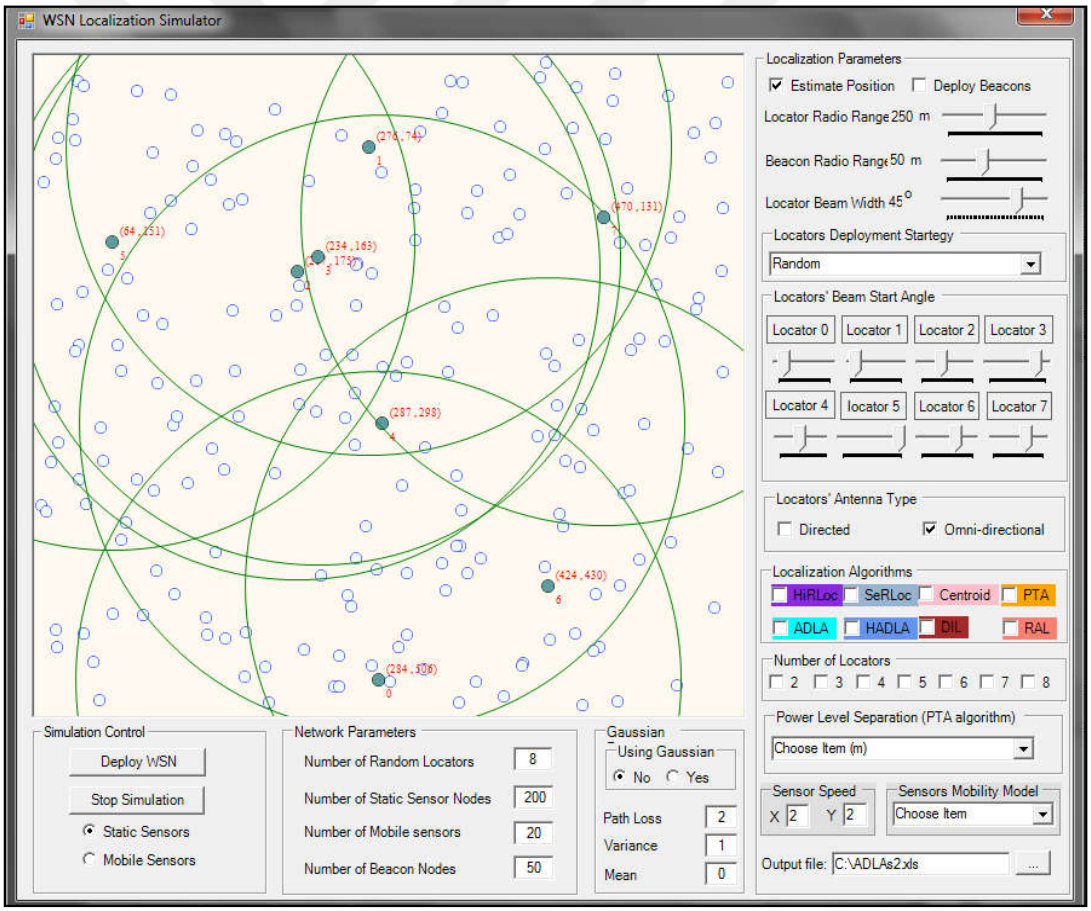


Şekil 4. 18. Senaryo 2 için Centroid Algoritması Düğüm Yerleşimi

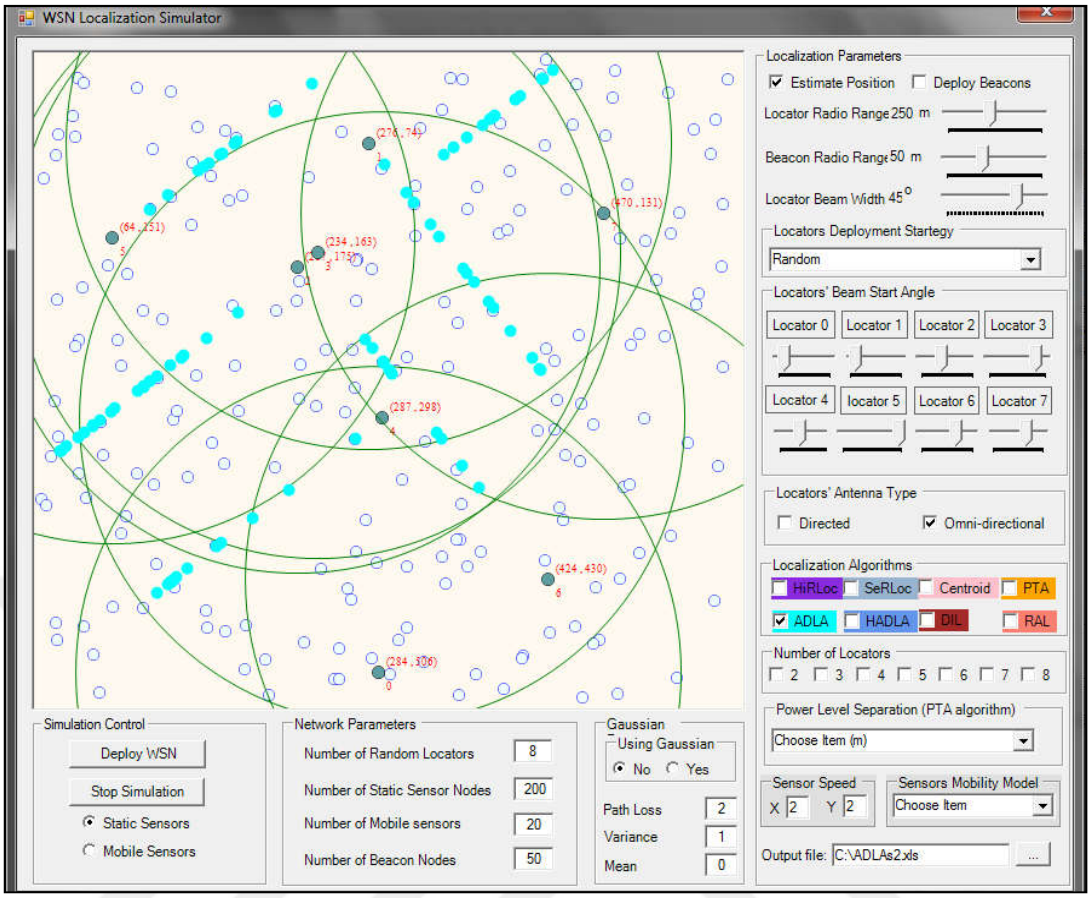


Şekil 4. 19. Senaryo 2 için Centroid Algoritması Konum Tahmini Yapılan Algılayıcı Düğümler

Senaryo 2'de ADLA algoritması için tüm yönlü anten, rastgele dağıtım, 200 adet algılayıcı düğüm ile seyrek yerleşim ve sekiz adet konum belirleyici kullanılmaktadır. Uygulama senaryosu çalıştırılırken öncelikle 200 adet algılayıcı düğüm ara yüzde ağ parametreleri kısmında düzenlendikten sonra konum belirleyici yerleşim stratejisi rastgele olarak seçilmektedir. Ardından ADLA algoritmasının kullandığı tüm yönlü anten seçilerek algılayıcı düğüm iletişim aralığı belirlenen değere ayarlanır. Algılayıcı düğüm ve konum belirleyicilerin yerleşimi yapılır. Benzetim başlatıldıktan sonra konum tahmini seçilerek çıktı dosyasının adı belirlenmektedir. Algoritma çalışmaya başlamadan önce algılayıcı düğümlerin ve konum belirleyicilerin yerleşimi Şekil 4.20'de gösterilmektedir. ADLA algoritması seçilerek konum tahmini yapılan algılayıcı düğümler belirlenen renkte boyanmaktadır. Konum tahmini yapılan boyanmış algılayıcı düğümler Şekil 4.21'de gösterilmektedir.

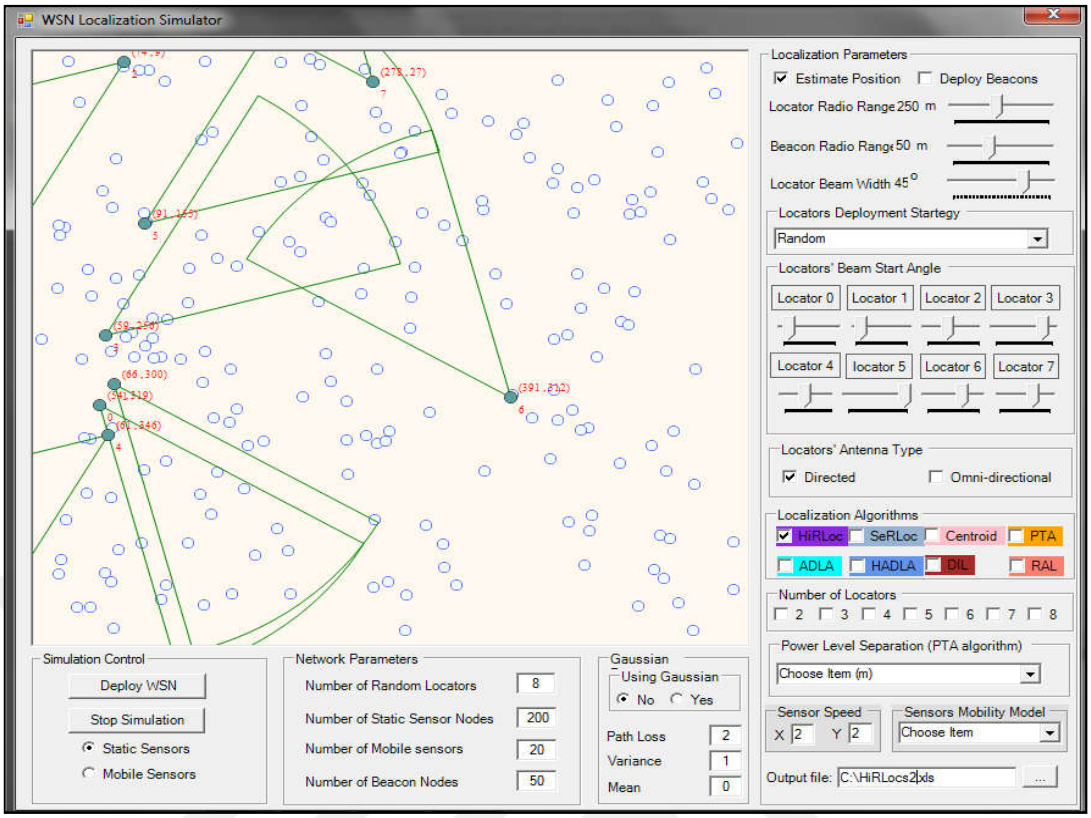


Şekil 4. 20. Senaryo 2 için ADLA Algoritması Düğüm Yerleşimi

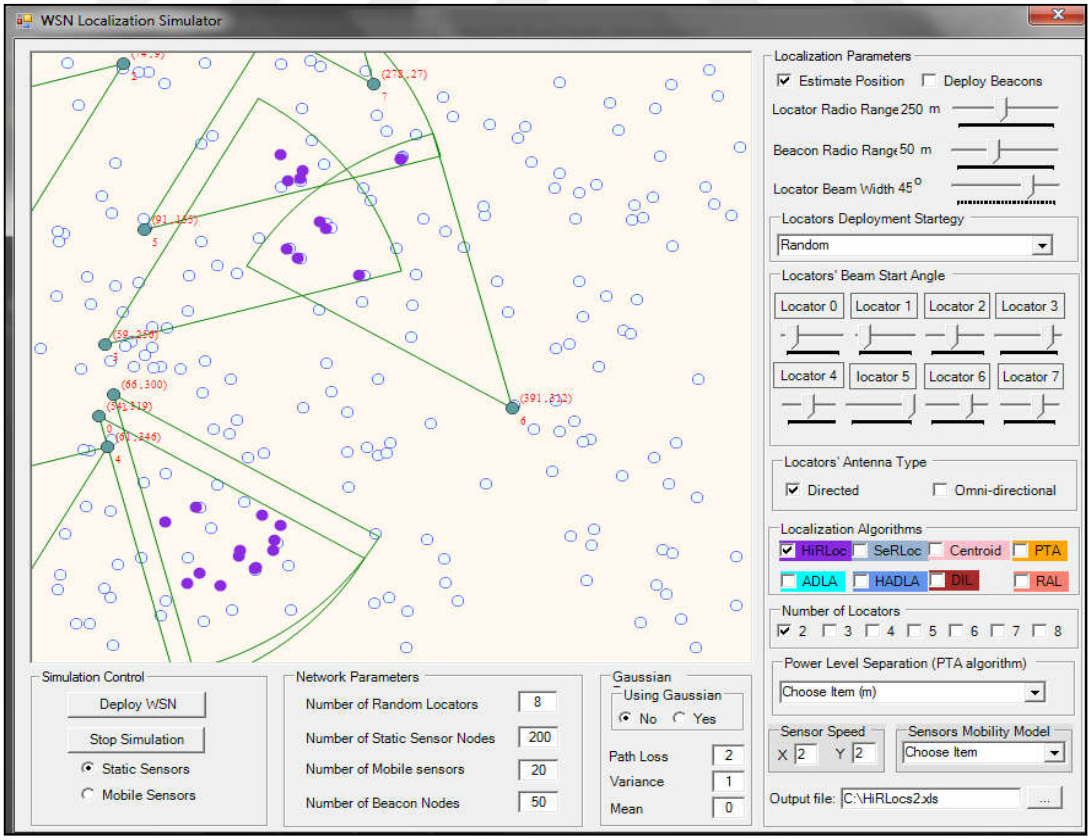


Şekil 4. 21. Senaryo 2 için ADLA Algoritması Konum Tahmini Yapılan Algılayıcı Düğümler

Senaryo 2'de HiRLoc algoritması için yönlü anten, rastgele dağıtım, 200 adet algılayıcı düğüm ile seyrek yerleşim ve sekiz adet konum belirleyici kullanılmaktadır. Uygulama senaryosu çalıştırılırken öncelikle algılayıcı düğüm ve konum belirleyici sayıları ara yüzde ağ parametreleri kısmında ayarlanır. Ardından konum belirleyici yerleşim stratejisi rastgele olarak seçildikten sonra konum belirleyici iletişim aralığı düzenlenir. HiRLoc algoritmasının kullandığı anten tipi yönlü anten olarak seçilir. Konum belirleyicilerin kullandığı antenlerin ışın genişliği ve başlangıç açıları belirlenen değerlere ayarlanarak düğüm yerleşimi yapılır. Benzetim başlatıldıktan sonra konum tahmini seçilerek HiRLoc algoritması seçilir. Çıktı dosyasının adı belirlendikten sonra kesişen konum belirleyicilerin sayısı tek tek kontrol edilmektedir. Şekil 4.22'de HiRLoc algoritması için düğüm yerleşimleri gösterilmektedir. Konum belirleyicilerin sayısı kontrol edilirken kesişen konum belirleyicilerin olduğu bölgede konumu belirlenen algılayıcılar belirlenen renklerde boyanmaktadır. Şekil 4.23'de ise algoritma sonucu konumları tespit edilen düğümlerin boyanmış halleri gösterilmektedir.

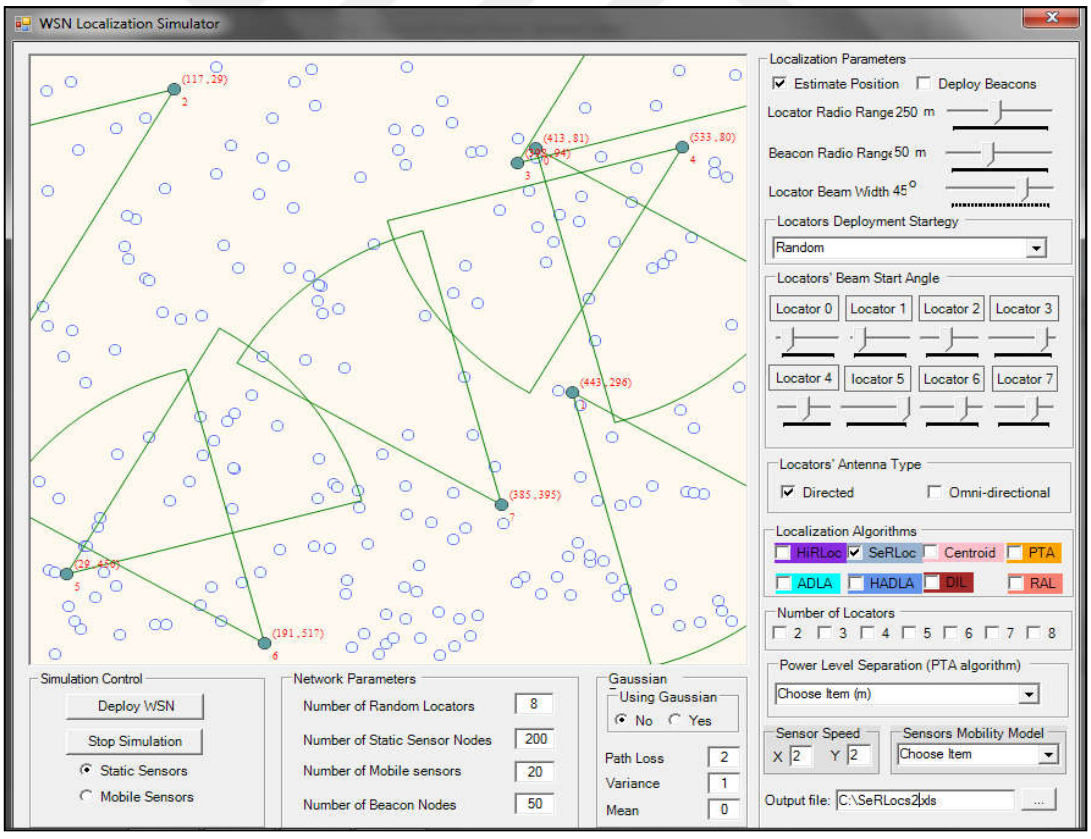


Şekil 4. 22. Senaryo 2 için HiRLoc Algoritması Düğüm Yerleşimi

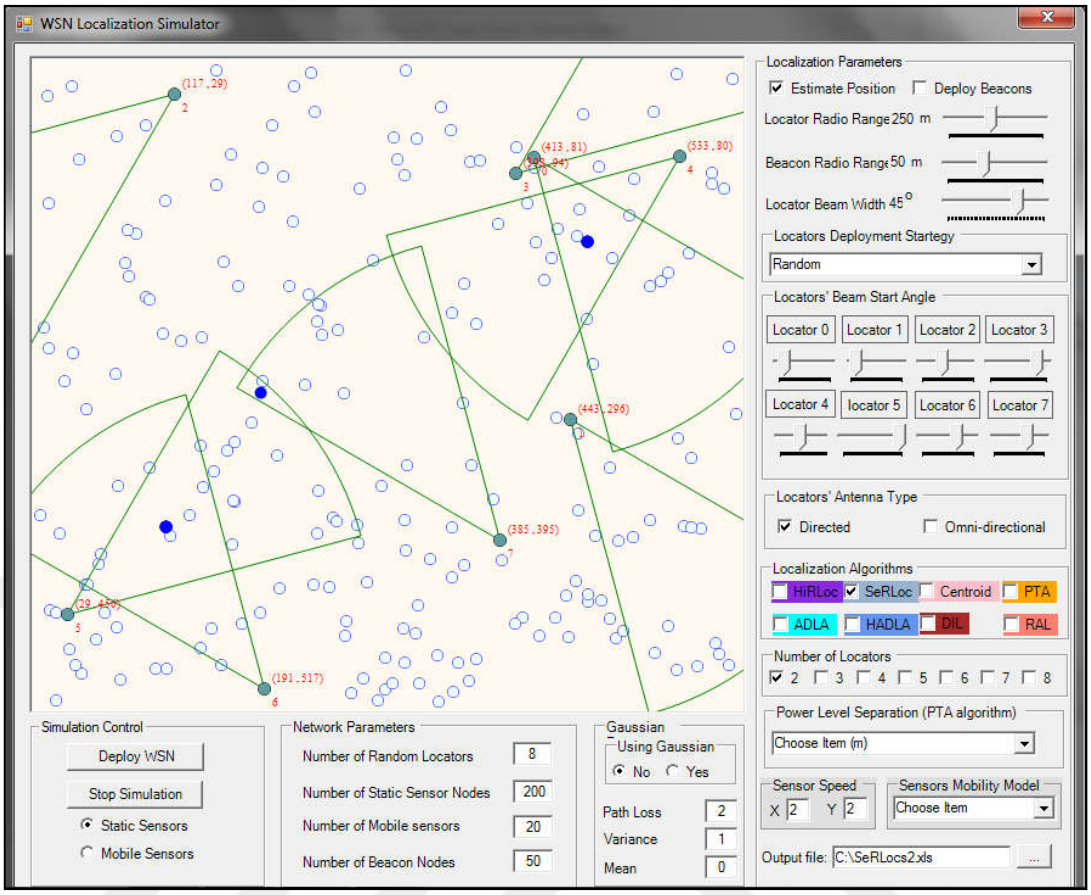


Şekil 4. 23. Senaryo 2 için HiRLoc Algoritması Konum Tahmini Yapılan Algılayıcı Düğümler

Senaryo 2'de SeRLoc algoritması için yönlü anten, rastgele dağıtım, 200 adet algılayıcı düğüm ile seyrek yerleşim ve sekiz adet konum belirleyici kullanılmaktadır. Uygulama senaryosu çalıştırılırken öncelikle algılayıcı düğüm ve konum belirleyici değerleri ara yüzde ayarlanır. Ardından konum belirleyici yerleşim stratejisi rastgele olarak seçildikten sonra konum belirleyici iletişim aralığı düzenlenir. Ardından algoritmanın kullandığı anten tipi olarak yönlü anten seçilir. Kullanılan antenlerin ışın genişliği ve başlangıç açıları belirlenen değerlere ayarlanarak düğüm yerleşimi yapılır. Benzetim başlatıldıktan sonra konum tahmini seçilerek SeRLoc algoritması seçilir. Çıktı dosyasının adı belirlendikten sonra kesişen konum belirleyicilerin sayısı tek tek kontrol edilmektedir. Şekil 4.24'de SeRLoc algoritması için düğüm yerleşimleri gösterilmektedir. Konum belirleyicilerin sayısı kontrol edilirken kesişen konum belirleyicilerin olduğu bölgede konumu belirlenen algılayıcılar belirlenen renklerde boyanmaktadır. Şekil 4.25'de ise algoritma sonucu konumları tespit edilen düğümlerin boyanmış halleri gösterilmektedir.

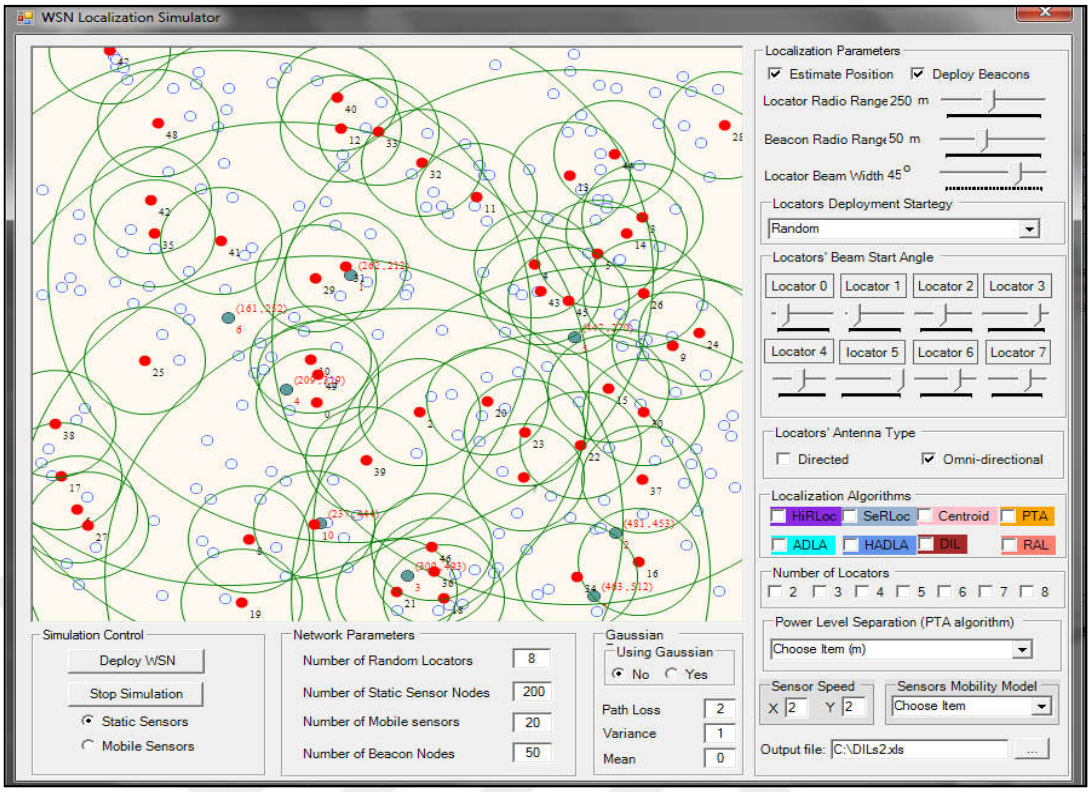


Şekil 4. 24. Senaryo 2 için SeRLoc Algoritması Düğüm Yerleşimi

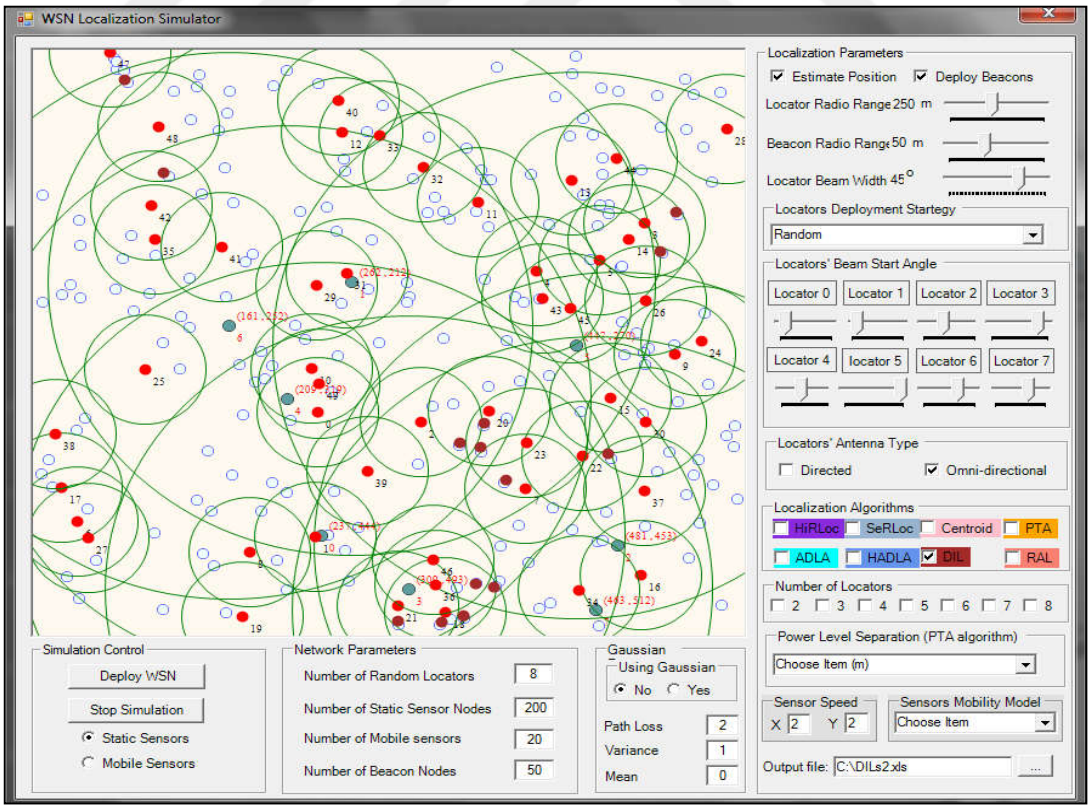


Şekil 4. 25. Senaryo 2 için SeRLoc Algoritması Konum Tahmini Yapılan Algılayıcı Düğümler

Senaryo 2'de DIL algoritması için tüm yönlü anten, rastgele dağıtım, 200 adet algılayıcı düğüm ile seyrek yerleşim, 50 adet işaretçi düğüm ve sekiz adet konum belirleyici kullanılmaktadır. DIL algoritması için uygulama senaryosu çalıştırılırken algılayıcı düğüm ve işaretçi düğüm sayıları ara yüzde düzenlendikten sonra konum belirleyici yerleşim stratejisi rastgele olarak seçilmektedir. DIL algoritmasının kullandığı tüm yönlü anten seçilerek konum belirleyici ve işaretçi iletişim aralığı belirlenen değere ayarlanır. Ardından işaretçi yerleşimleri yapılır. İşaretçi düğümlerin yerleşimi seçildikten sonra tüm algılayıcı ağ düğümlerinin yerleşimi de yapılarak benzetim başlatılmaktadır. Konum tahmini işaretlendikten sonra çıktı dosyasının adı belirlenmektedir. Algoritma çalışmaya başlamadan önce algılayıcı düğüm, işaretçi düğüm ve konum belirleyici yerleşimleri Şekil 4.26'da gösterilmektedir. DIL algoritması seçilerek konum tahmini yapılan algılayıcı düğümlerinin belirlenen renk ile boyanması sağlanır. Konum tahmini yapılan boyanmış algılayıcı düğümler Şekil 4.27'de gösterilmektedir.

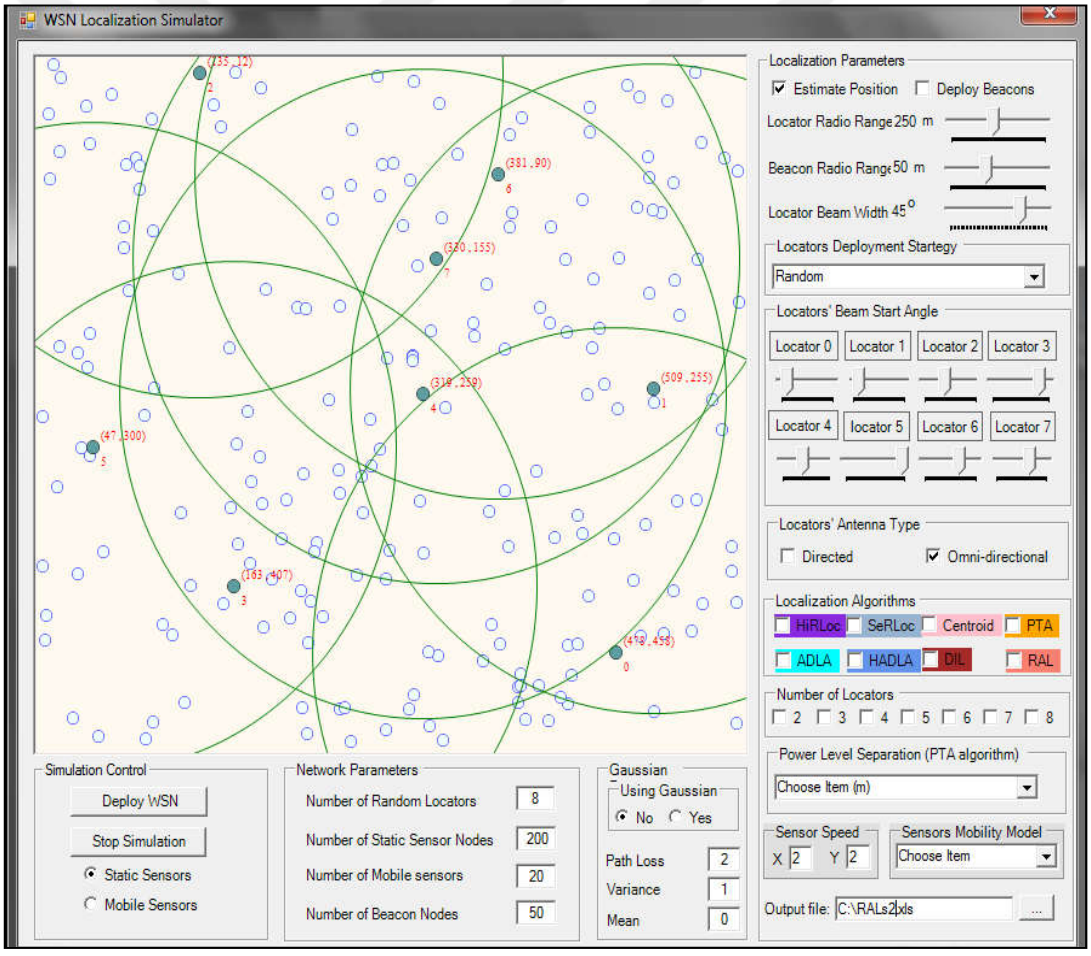


Şekil 4. 26. Senaryo 2 için DIL Algoritması Düğüm Yerleşimi

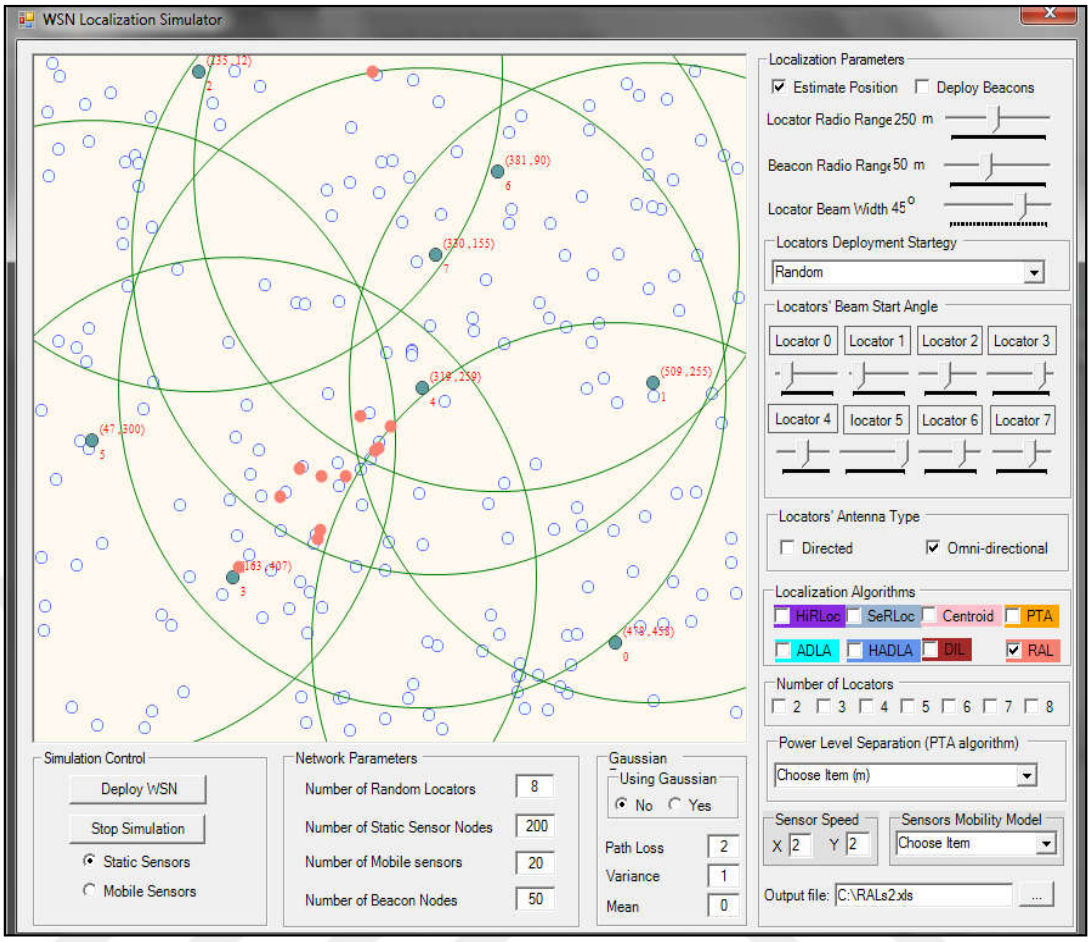


Şekil 4. 27. Senaryo 2 için DIL Algoritması Konum Tahmini Yapılan Algılayıcı Düğümler

Senaryo 2'de RAL algoritması için tüm yönlü anten, rastgele dağıtım, 200 adet algılayıcı düğüm ile seyrek yerleşim ve sekiz adet konum belirleyici kullanılmaktadır. Uygulama senaryosu çalıştırılırken öncelikle algılayıcı düğüm ara yüzde ağ parametreleri kısmında düzenlendikten sonra konum belirleyici yerleşim stratejisi rastgele olarak seçilmektedir. Konum belirleyici iletişim aralığı belirlenen değere ayarlanır. Ardından RAL algoritmasının kullandığı tüm yönlü anten seçilerek düğüm yerleşimi yapılır. Benzetim başlatıldıktan sonra konum tahmini seçilerek çıktı dosyasının adı belirlenmektedir. Algoritma çalışmaya başlamadan önce algılayıcı düğümlerin ve konum belirleyicilerin yerleşimi Şekil 4.28'de gösterilmektedir. RAL algoritması seçilerek belirlenen renkte boyanan algılayıcı düğümler Şekil 4.29'de gösterilmektedir.

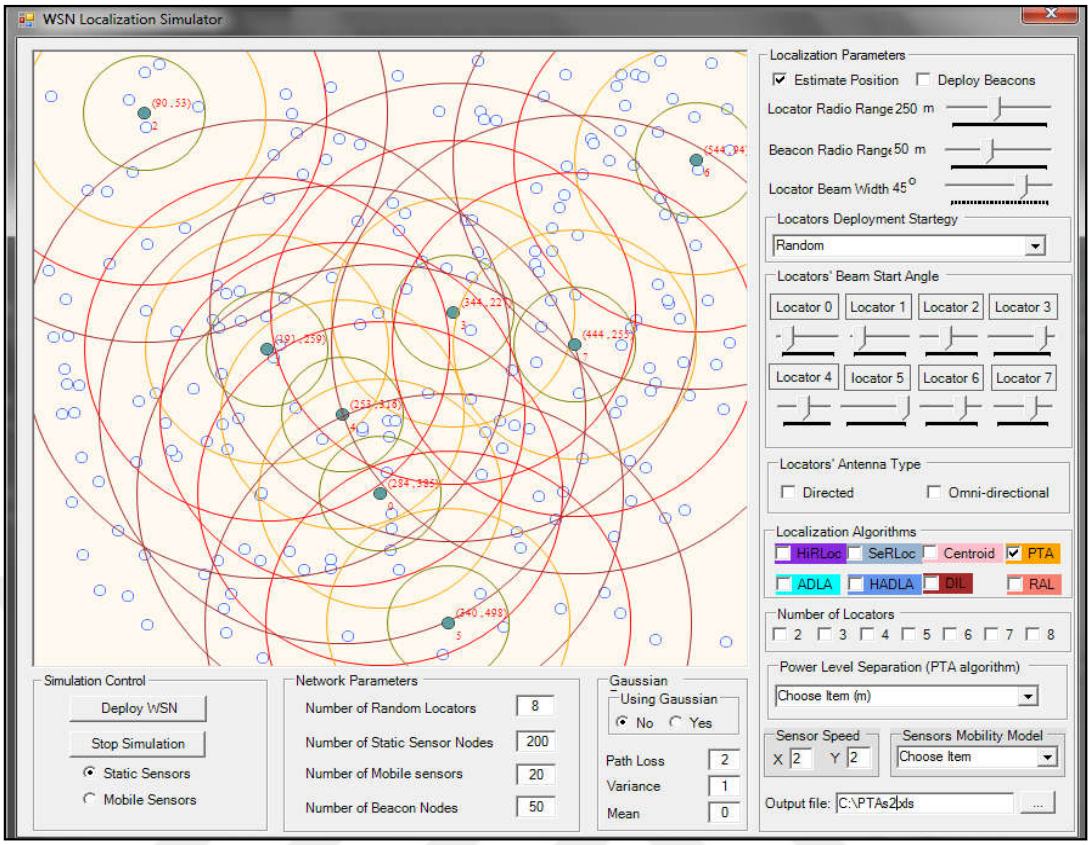


Şekil 4. 28. Senaryo 2 için RAL Algoritması Düğüm Yerleşimi

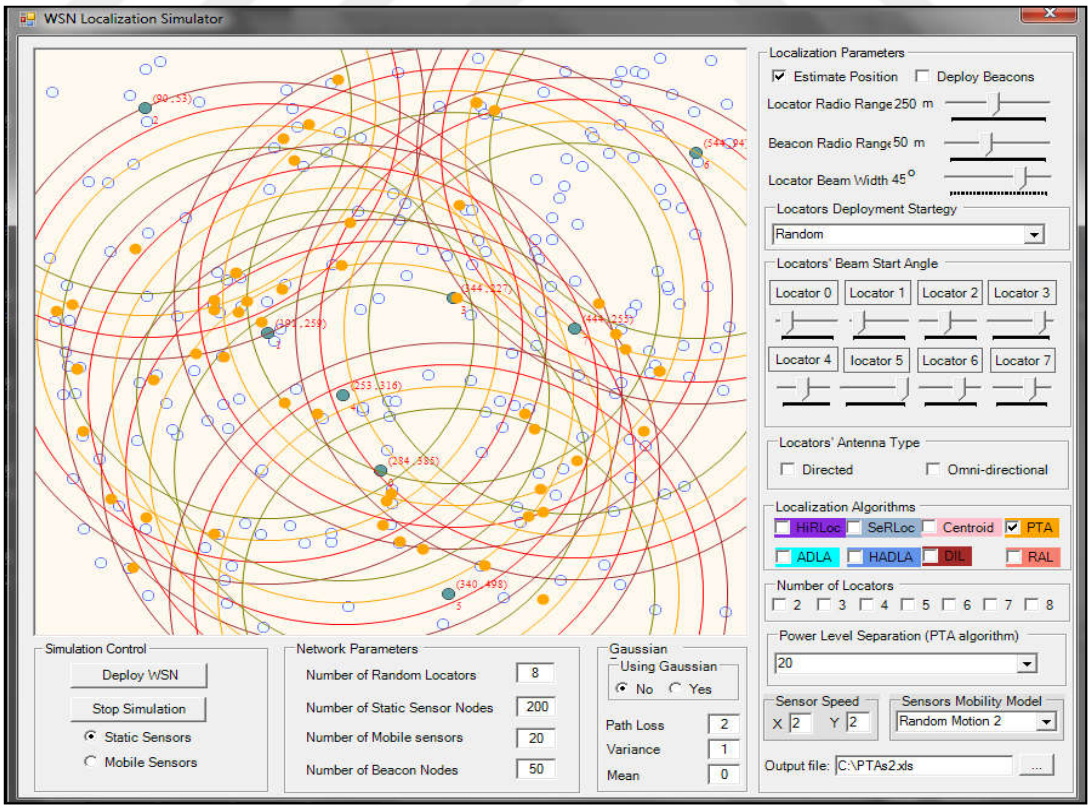


Şekil 4. 29. Senaryo 2 için RAL Algoritması Konum Tahmini Yapılan Algılayıcı Düğümler

Senaryo 2'de PTA algoritması için rastgele dağıtım, 200 adet algılayıcı düğüm ile seyrek yerleşim ve sekiz adet konum belirleyici kullanılmaktadır. Uygulama senaryosu çalıştırılırken ara yüzde 200 adet algılayıcı düğüm ve sekiz adet konum belirleyici ayarlanır. Daha sonra rastgele yerleşim stratejisi seçilerek konum belirleyici iletişim aralığı ayarlanarak algılayıcı düğüm ve konum belirleyici yerleşimi yapılır. Düğüm yerleşiminden sonra benzetim başlatılarak konum tahmini seçilmektedir. Konumlandırma algoritması PTA seçilmektedir. Üzerinde çalışılan uygulama senaryolarında enerji seviyesi ayrımı 20 birim olarak belirlendiği için 20 birimlik seviye ayrımlarıyla sinyal çemberleri oluşturulmaktadır. Çıktı dosyasının adı belirlendikten sonra düğüm yerleşimi Şekil 4.30'da gösterilmektedir. Enerji seviye ayrımı ve algılayıcıların hareket modeli seçildikten sonra konum tahmini yapılan belirlenen renkle boyanmaktadır. Boyanan algılayıcı düğümler Şekil 4.31'de gösterilmektedir.

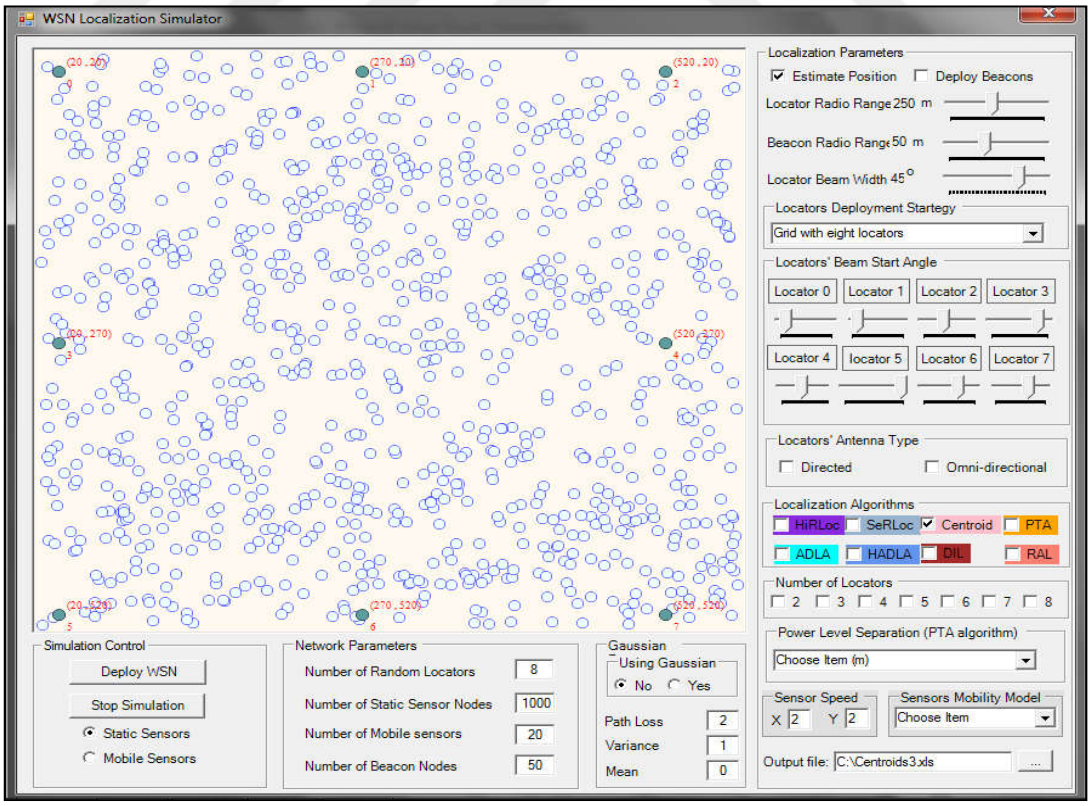


Şekil 4. 30. Senaryo 2 için PTA Algoritması Düğüm Yerleşimi

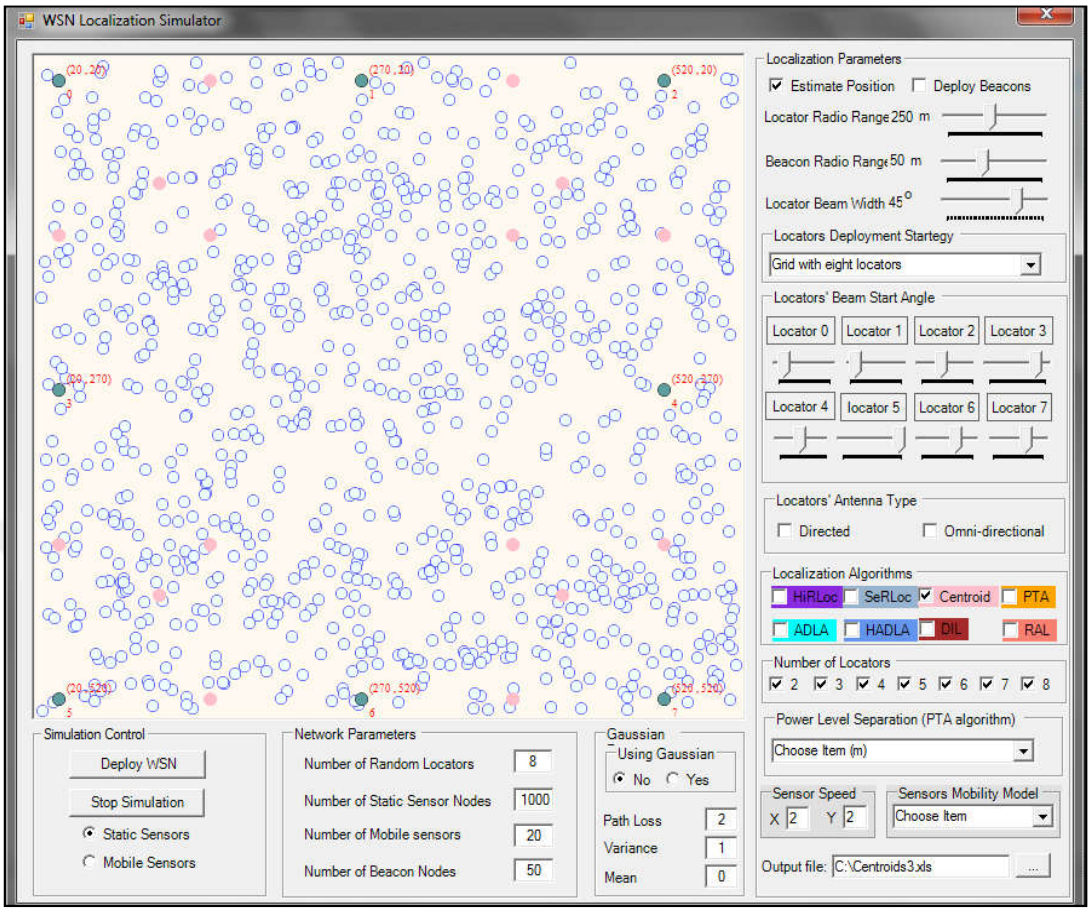


Şekil 4. 31. Senaryo 2 için PTA Algoritması Konum Tahmini Yapılan Algılayıcı Düğümler

Senaryo 3 için Centroid, ADLA, HiRLoc, SeRLoc, DIL, RAL ve PTA konumlandırma algoritmaları sırası ile çalıştırılmaktadır. Senaryo 3'de Centroid algoritması için düzenli dağıtım, 1000 adet algılayıcı düğüm ile sık yerleşim ve sekiz adet konum belirleyici kullanılmaktadır. Centroid için uygulama senaryosu çalıştırılırken algılayıcı düğüm sayısı belirlendikten sonra konum belirleyici yerleşim stratejisi sekiz konum belirleyici ile düzenli olarak seçilerek konum belirleyici iletişim aralığı ayarlanmaktadır. Algılayıcı düğüm ve konum belirleyici yerleşimi yapılarak benzetim başlatılmaktadır. Konum tahmini işaretlendikten sonra Centroid algoritması seçilerek çıktı dosyasının adı belirlenmektedir. Tüm bu işlemler yapıldıktan sonra Centroid algoritması konum tahmini yapmaya başlamadan önce algılayıcı düğüm ve konum belirleyicilerin yerleşimleri Şekil 4.32'de gösterilmektedir. Konum belirleyicilerin sayısı 2, 3, 4, 5, 6, 7 ve 8 konum belirleyici için kontrol edilerek tüm algılayıcı düğümlerin işaretlenmesi bitene kadar kontrole devam edilmektedir. Konum tahmini kontrolü yapılan düğümler belirlenen renkle düğümlerin görüntülendiği bölümde gösterilmektedir. Konum tahmini yapılan algılayıcı düğümlerin boyanmış halleri Şekil 4.33'de gösterilmektedir.

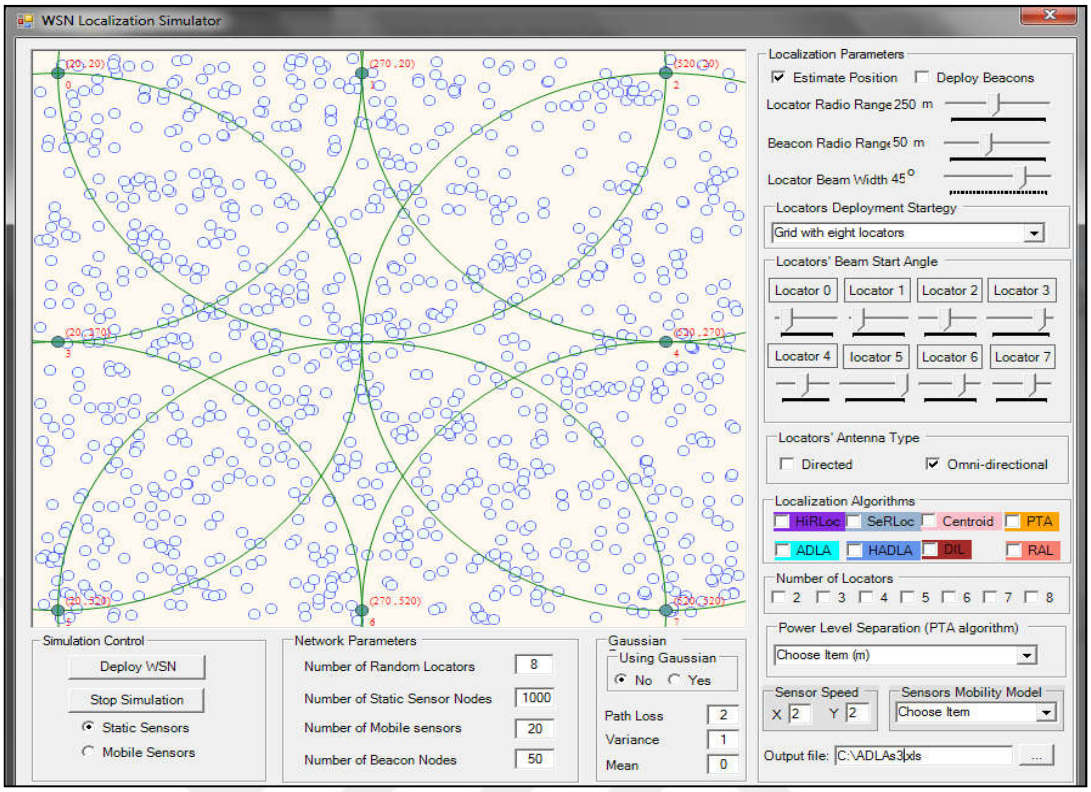


Şekil 4. 32. Senaryo 3 için Centroid Algoritması Düğüm Yerleşimi

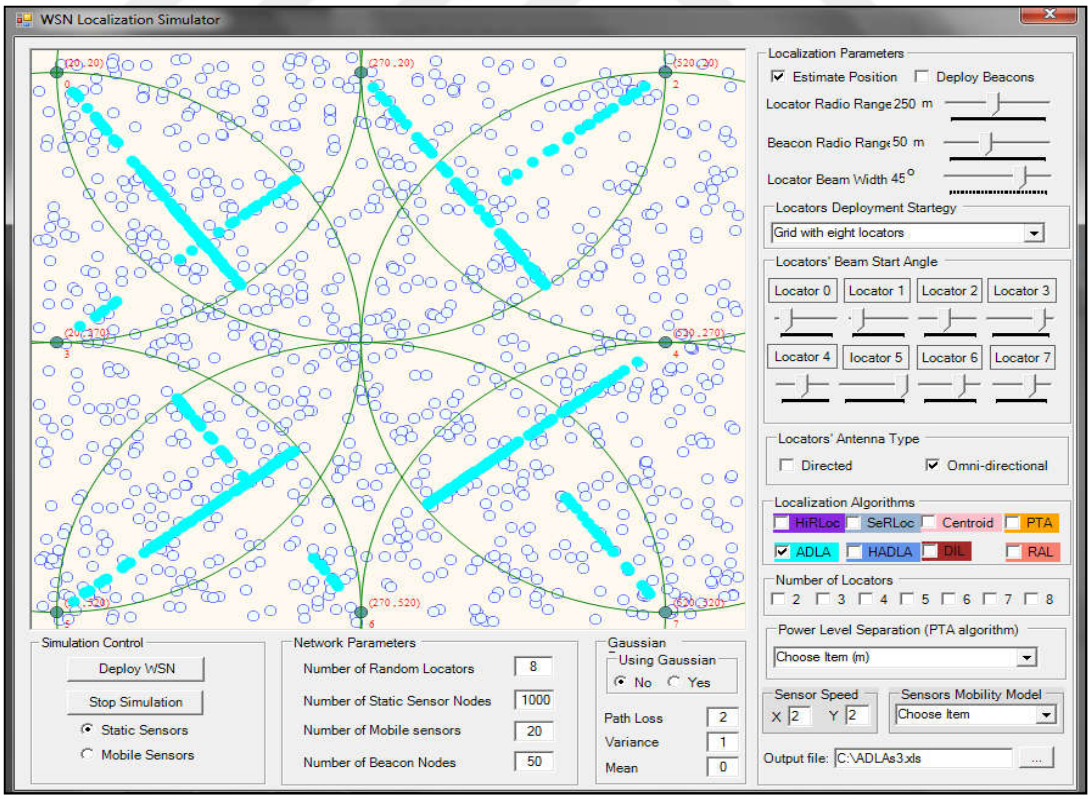


Şekil 4. 33. Senaryo 3 için Centroid Algoritması Konum Tahmini Yapılan Algılayıcı Düğümler

Senaryo 3'de ADLA algoritması için tüm yönlü anten, düzenli dağıtım, 1000 adet algılayıcı düğüm ile sık yerleşim ve sekiz adet konum belirleyici kullanılmaktadır. Uygulama senaryosu çalıştırılırken öncelikle 1000 adet algılayıcı düğüm ara yüzde ağ parametreleri kısmında düzenlendikten sonra konum belirleyici yerleşim stratejisi sekiz konum belirleyici ile düzenli olarak seçilmektedir. Ardından ADLA algoritmasının kullandığı tüm yönlü anten seçilerek algılayıcı düğüm iletişim aralığı belirlenen değere ayarlanır. Algılayıcı düğüm ve konum belirleyicilerin yerleşimi yapılır. Benzetim başlatıldıktan sonra konum tahmini seçilerek çıktı dosyasının adı belirlenmektedir. Algoritma çalışmaya başlamadan önce algılayıcı düğümlerin ve konum belirleyicilerin yerleşimi Şekil 4.34'de gösterilmektedir. ADLA algoritması seçilerek konum tahmini yapılan algılayıcı düğümler belirlenen renkte boyanmaktadır. Konum tahmini yapılan boyanmış algılayıcı düğümler Şekil 4.35'de gösterilmektedir.

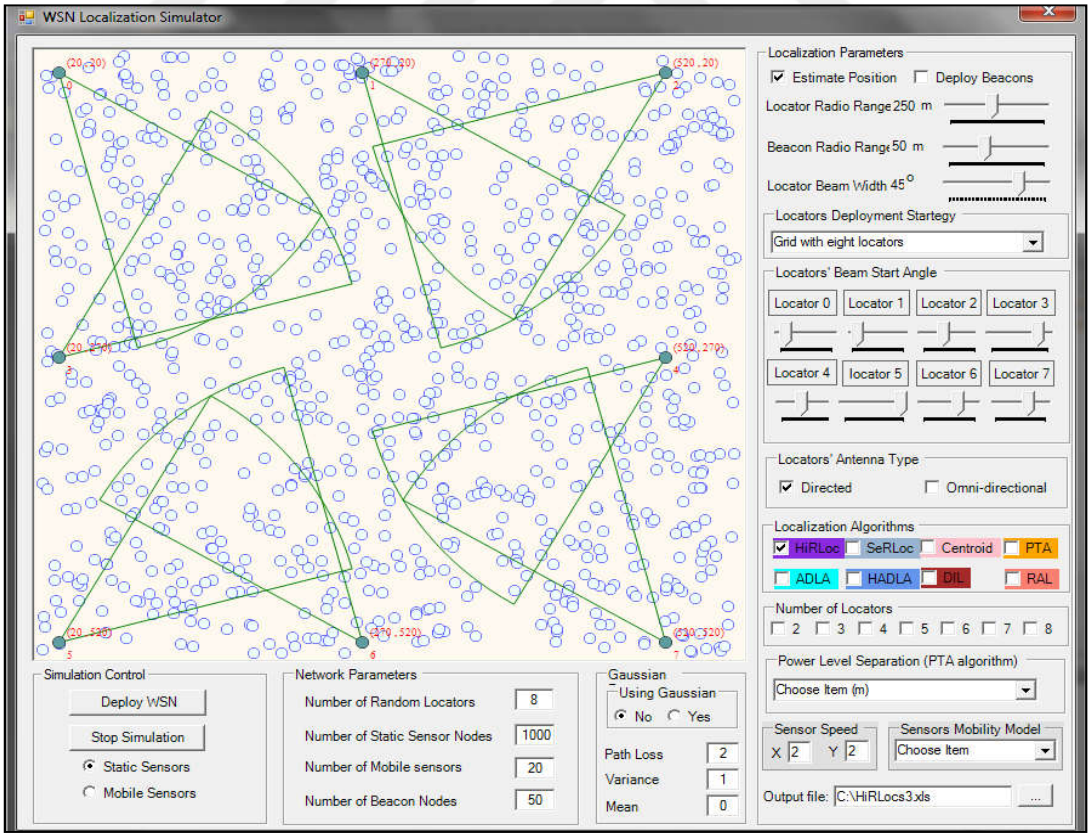


Şekil 4. 34. Senaryo 3 için ADLA Algoritması Düğüm Yerleşimi

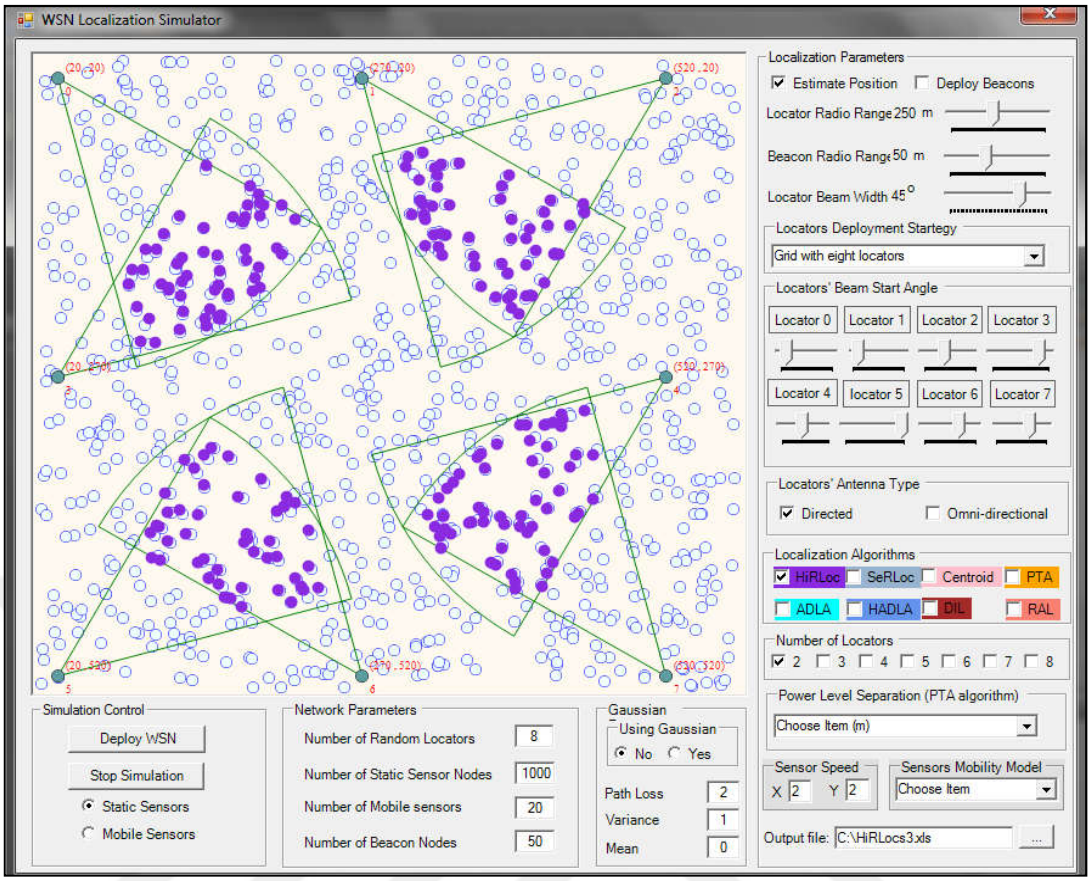


Şekil 4. 35. Senaryo 3 için ADLA Algoritması Konum Tahmini Yapılan Algılayıcı Düğümler

Senaryo 3'de HiRLoc algoritması için yönlü anten, düzenli dağıtım, 1000 adet algılayıcı düğüm ile sık yerleşim ve sekiz adet konum belirleyici kullanılmaktadır. Uygulama senaryosu çalıştırılırken öncelikle algılayıcı düğüm ve konum belirleyici sayıları ara yüzde ağ parametreleri kısmında ayarlanır. Ardından konum belirleyici yerleşim stratejisi sekiz konum belirleyici ile düzenli olarak seçildikten sonra konum belirleyici iletişim aralığı düzenlenir. HiRLoc algoritmasının kullandığı anten tipi yönlü anten olarak seçilir. Konum belirleyicilerin kullandığı antenlerin ışın genişliği ve başlangıç açıları belirlenen değerlere ayarlanarak düğüm yerleşimi yapılır. Benzetim başlatıldıktan sonra konum tahmini seçilerek HiRLoc algoritması seçilir. Çıktı dosyasının adı belirlendikten sonra kesişen konum belirleyicilerin sayısı tek tek kontrol edilmektedir. Şekil 4.36'da HiRLoc algoritması için düğüm yerleşimleri gösterilmektedir. Konum belirleyicilerin sayısı kontrol edilirken kesişen konum belirleyicilerin olduğu bölgede konumu belirlenen algılayıcılar belirlenen renklerde boyanmaktadır. Şekil 4.37'de ise algoritma sonucu konumları tespit edilen düğümlerin boyanmış halleri gösterilmektedir.

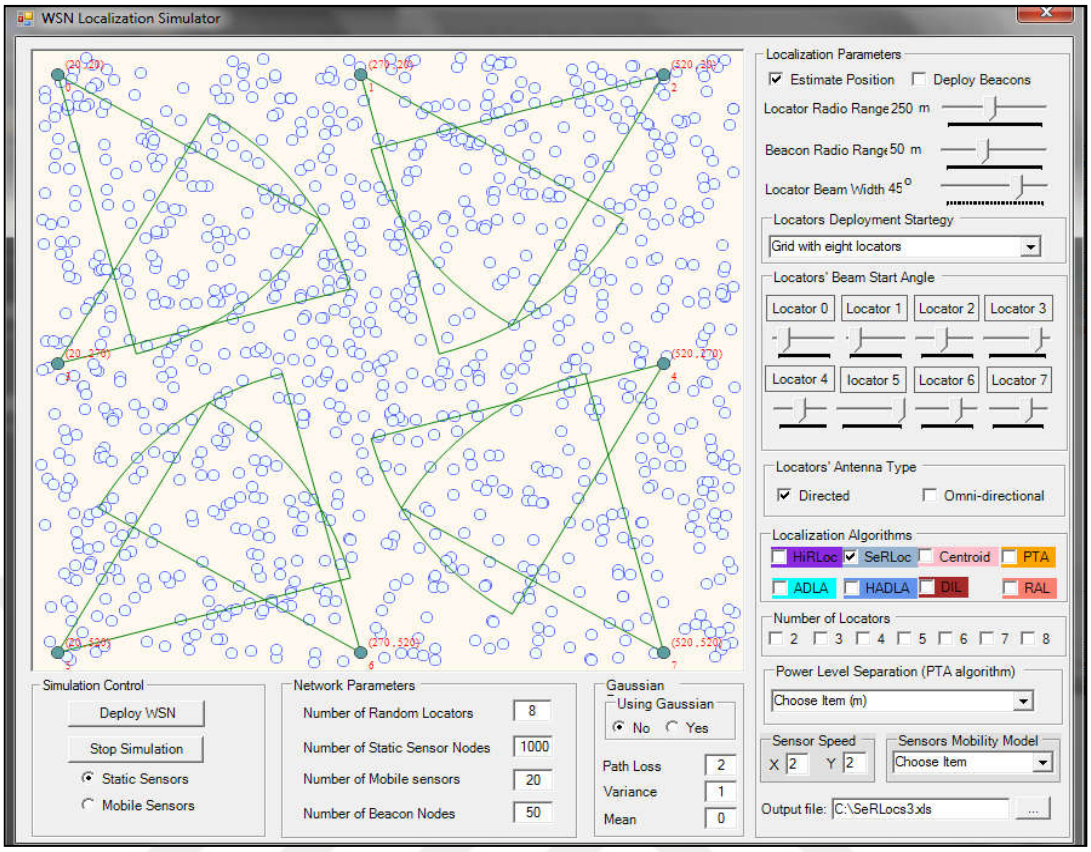


Şekil 4. 36. Senaryo 3 için HiRLoc Algoritması Düğüm Yerleşimi

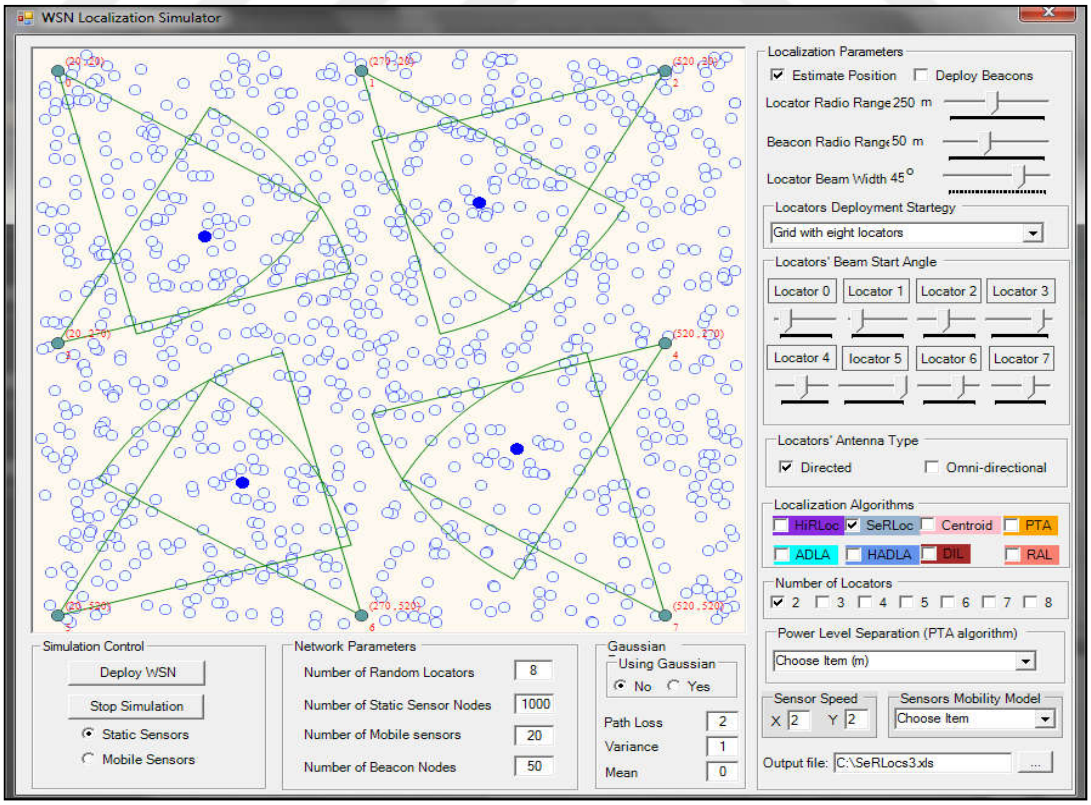


Şekil 4. 37. Senaryo 3 için HiRLoc Algoritması Konum Tahmini Yapılan Algılayıcı Düğümler

Senaryo 3'de SeRLoc algoritması için yönlü anten, düzenli dağıtım, 1000 adet algılayıcı düğüm ile sık yerleşim ve sekiz adet konum belirleyici kullanılmaktadır. Uygulama senaryosu çalıştırılırken öncelikle algılayıcı düğüm ve konum belirleyici değerleri ara yüzde ayarlanır. Ardından konum belirleyici yerleşim stratejisi sekiz konum belirleyici ile düzenli olarak seçildikten sonra konum belirleyici iletişim aralığı düzenlenir. Ardından algoritmanın kullandığı anten tipi olarak yönlü anten seçilir. Kullanılan antenlerin ışın genişliği ve başlangıç açıları belirlenen değerlere ayarlanarak düğüm yerleşimi yapılır. Benzetim başlatıldıktan sonra konum tahmini seçilerek SeRLoc algoritması seçilir. Çıktı dosyasının adı belirlendikten sonra kesişen konum belirleyicilerin sayısı tek tek kontrol edilmektedir. Şekil 4.38'de SeRLoc algoritması için düğüm yerleşimleri gösterilmektedir. Konum belirleyicilerin sayısı kontrol edilirken kesişen konum belirleyicilerin olduğu bölgede konumu belirlenen algılayıcılar belirlenen renklerde boyanmaktadır. Şekil 4.39'da ise algoritma sonucu konumları tespit edilen düğümlerin boyanmış halleri gösterilmektedir.

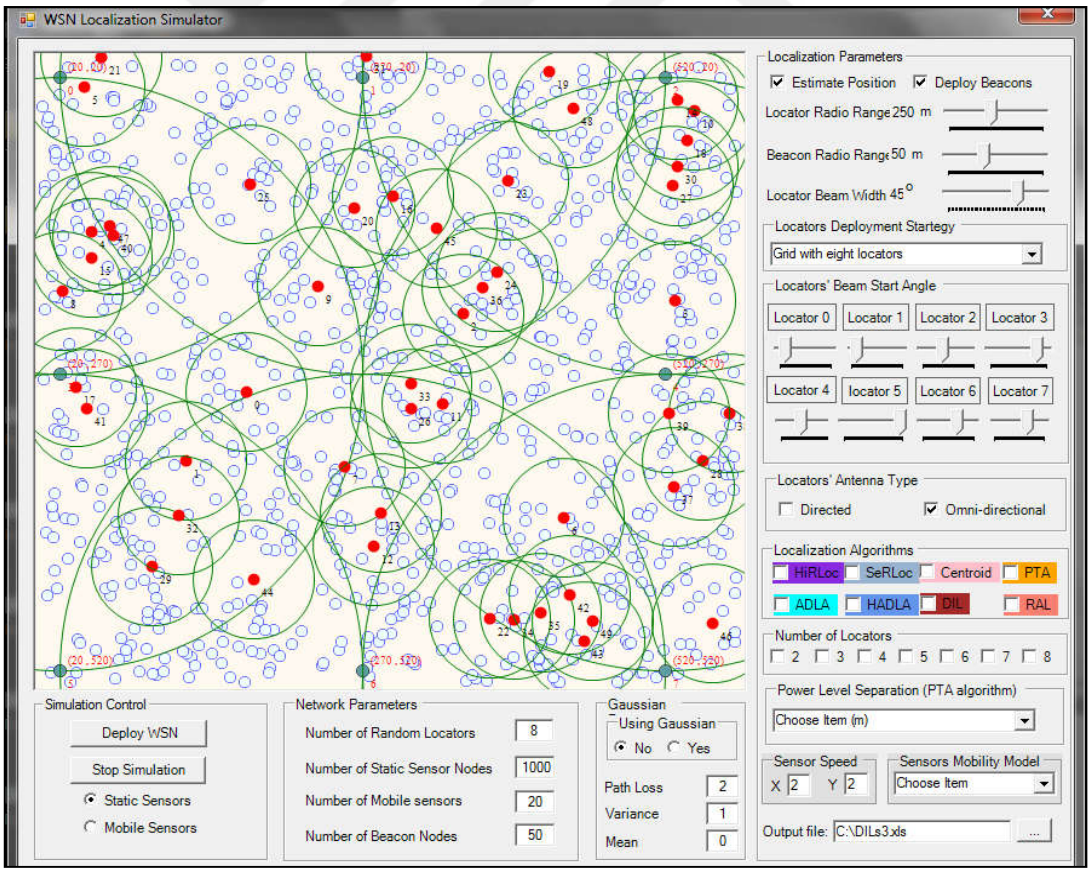


Şekil 4. 38. Senaryo 3 için SeRLoc Algoritması Düğüm Yerleşimi

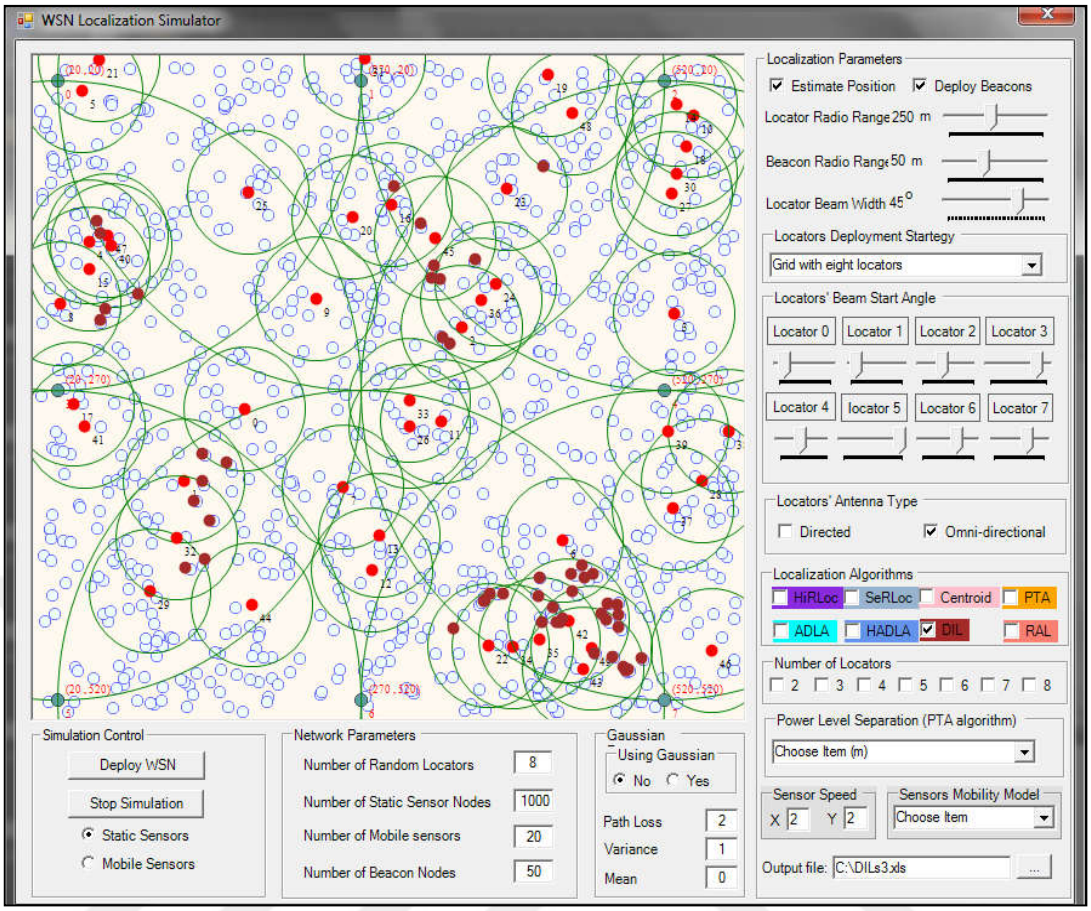


Şekil 4. 39. Senaryo 3 için SeRLoc Algoritması Konum Tahmini Yapılan Algılayıcı Düğümler

Senaryo 3'de DIL algoritması için tüm yönlü anten, düzenli dağıtım, 1000 adet algılayıcı düğüm ile sık yerleşim, 50 adet işaretçi düğüm ve sekiz adet konum belirleyici kullanılmaktadır. DIL algoritması için uygulama senaryosu çalıştırılırken algılayıcı düğüm ve işaretçi düğüm sayıları ara yüzde düzenlendikten sonra konum belirleyici yerleşim stratejisi sekiz konum belirleyici ile düzenli olarak seçilmektedir. DIL algoritmasının kullandığı tüm yönlü anten seçilerek konum belirleyici ve işaretçi iletişim aralığı belirlenen değere ayarlanır. Ardından işaretçi yerleşimleri yapılır. İşaretçi düğümlerin yerleşimi seçildikten sonra tüm algılayıcı ağ düğümlerinin yerleşimi de yapılarak benzetim başlatılmaktadır. Konum tahmini işaretlendikten sonra çıktı dosyasının adı belirlenmektedir. Algoritma çalışmaya başlamadan önce algılayıcı düğüm, işaretçi düğüm ve konum belirleyici yerleşimleri Şekil 4.40'da gösterilmektedir. DIL algoritması seçilerek konum tahmini yapılan algılayıcı düğümlerinin belirlenen renk ile boyanması sağlanır. Konum tahmini yapılan boyanmış algılayıcı düğümler Şekil 4.41'de gösterilmektedir.

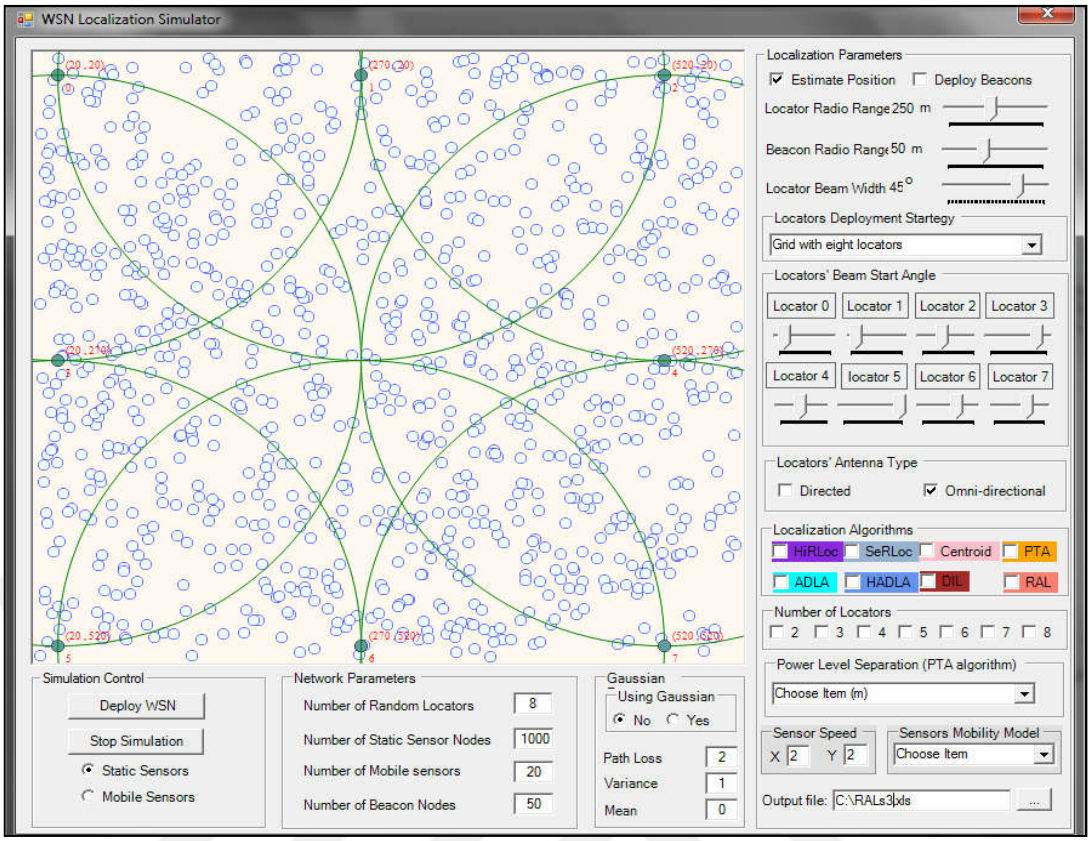


Şekil 4. 40. Senaryo 3 için DIL Algoritması Düğüm Yerleşimi

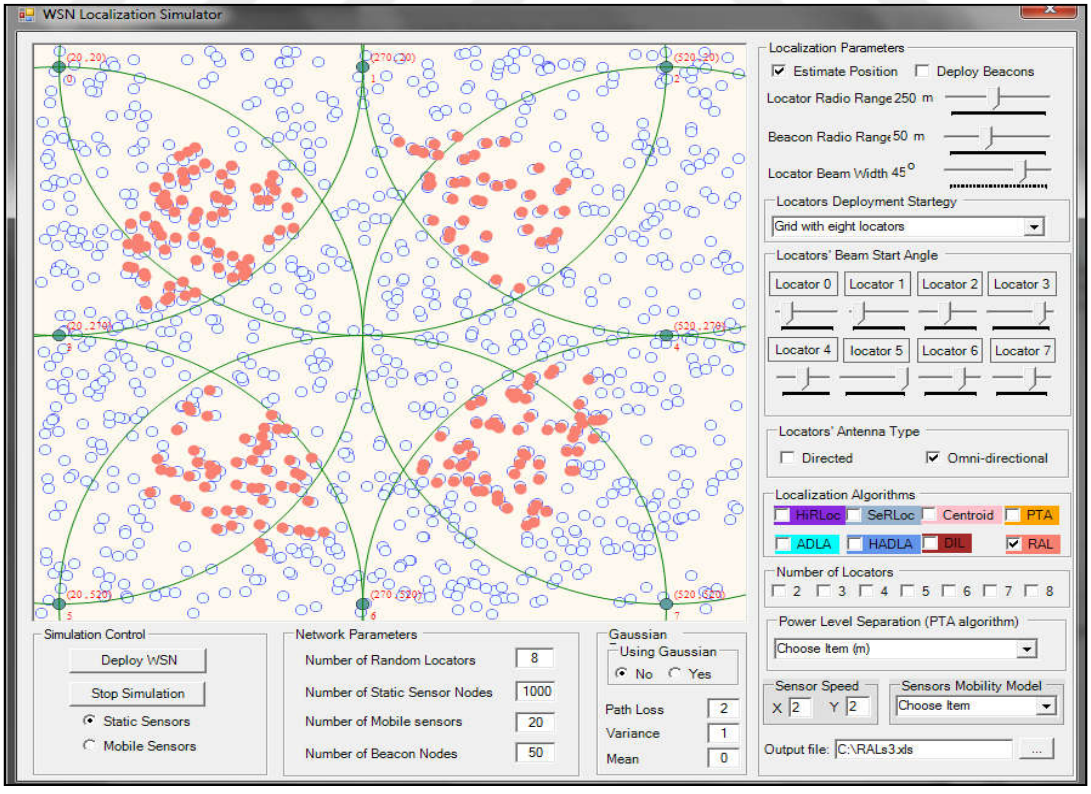


Şekil 4. 41. Senaryo 3 için DIL Algoritması Konum Tahmini Yapılan Algılayıcı Düğümler

Senaryo 3'de RAL algoritması için tüm yönlü anten, düzenli dağıtım, 1000 adet algılayıcı düğüm ile sık yerleşim ve sekiz adet konum belirleyici kullanılmaktadır. Uygulama senaryosu çalıştırılırken öncelikle algılayıcı düğüm ara yüzde ağ parametreleri kısmında düzenlendikten sonra konum belirleyici yerleşim stratejisi sekiz konum belirleyici ile düzenli olarak seçilmektedir. Konum belirleyici iletişim aralığı belirlenen değere ayarlanır. Ardından RAL algoritmasının kullandığı tüm yönlü anten seçilerek düğüm yerleşimi yapılır. Benzetim başlatıldıktan sonra konum tahmini seçilerek çıktı dosyasının adı belirlenmektedir. Algoritma çalışmaya başlamadan önce algılayıcı düğümlerin ve konum belirleyicilerin yerleşimi Şekil 4.42'de gösterilmektedir. RAL algoritması seçilerek belirlenen renkte boyanan algılayıcı düğümler Şekil 4.43'de gösterilmektedir.

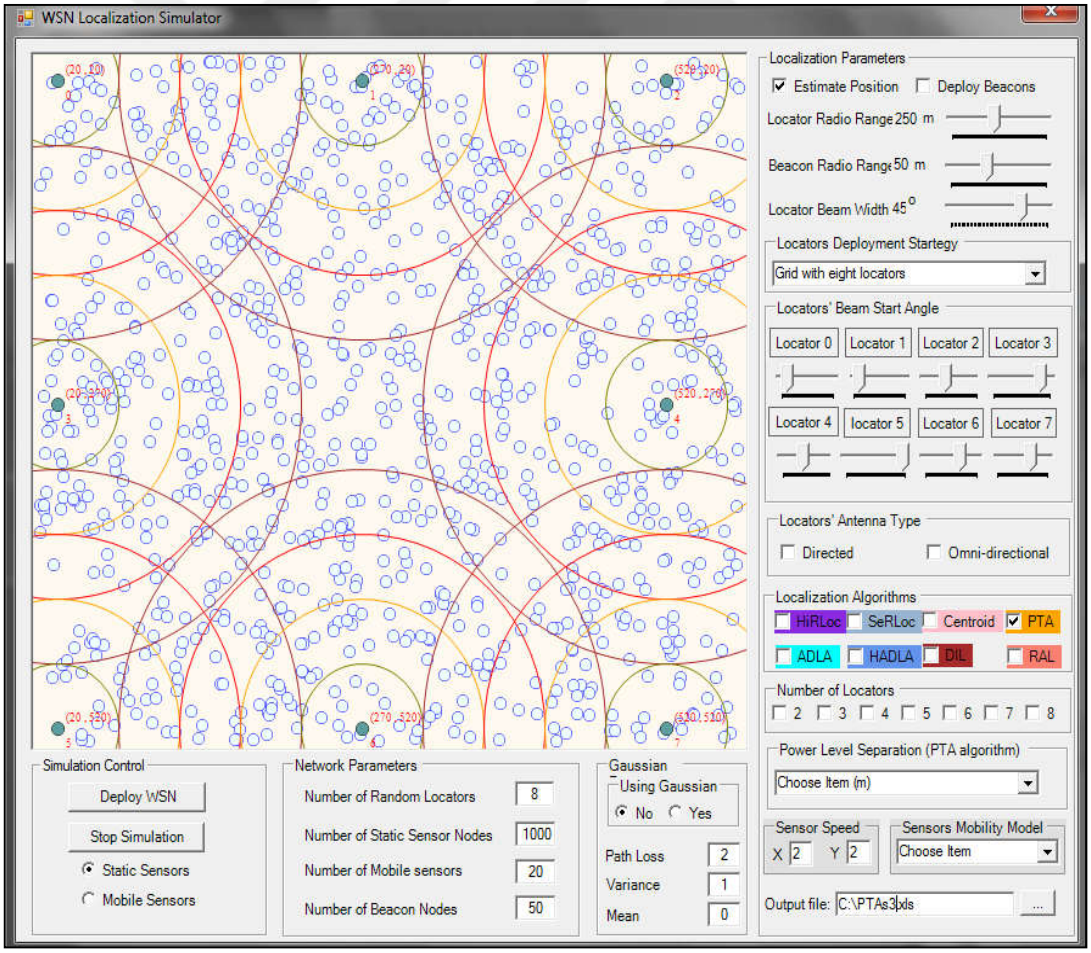


Şekil 4. 42. Senaryo 3 için RAL Algoritması Düğüm Yerleşimi

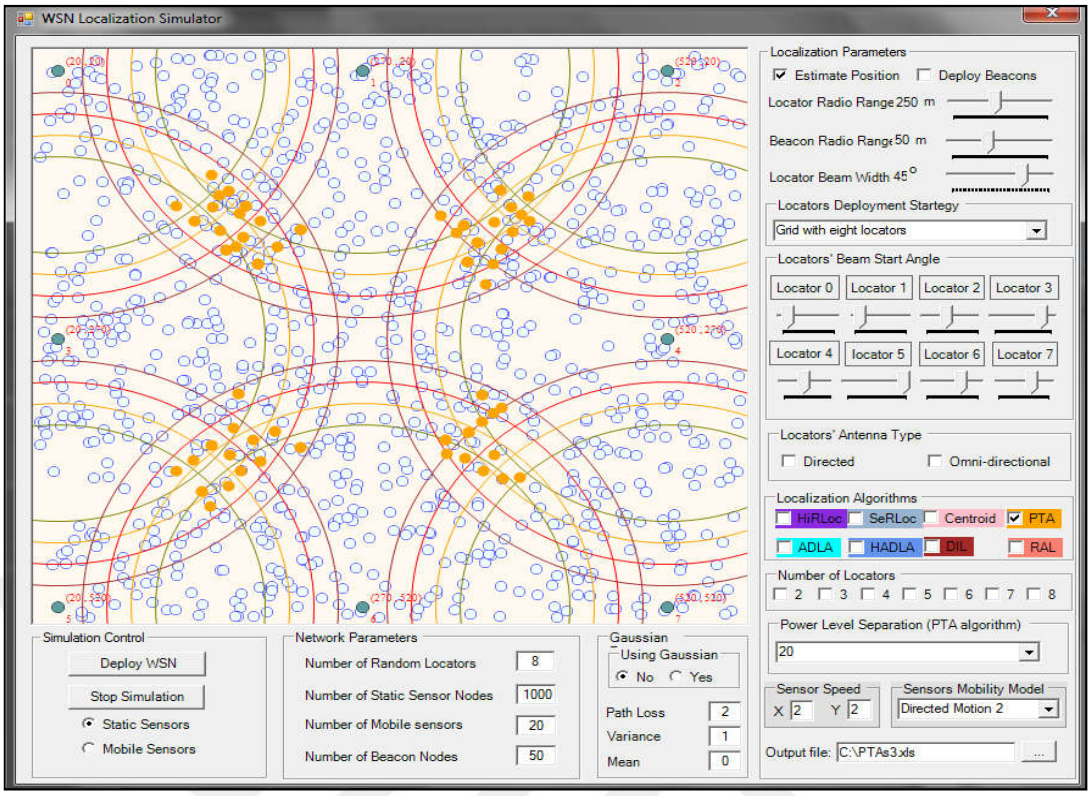


Şekil 4. 43. Senaryo 3 için RAL Algoritması Konum Tahmini Yapılan Algılayıcı Düğümler

Senaryo 3'de PTA algoritması için düzenli dağıtım, 1000 adet algılayıcı düğüm ile sık yerleşim ve sekiz adet konum belirleyici kullanılmaktadır. Uygulama senaryosu çalıştırılırken ara yüzde 1000 adet algılayıcı düğüm ve sekiz adet konum belirleyici ayarlanır. Daha sonra sekiz konum belirleyici ile düzenli yerleşim stratejisi seçilerek konum belirleyici iletişim aralığı ayarlanarak algılayıcı düğüm ve konum belirleyici yerleşimi yapılır. Düğüm yerleşiminden sonra benzetim başlatılarak konum tahmini seçilmektedir. Konumlandırma algoritması PTA seçilmektedir. Üzerinde çalışılan uygulama senaryolarında enerji seviyesi ayrımı 20 birim olarak belirlendiği için 20 birimlik seviye ayrımlarıyla sinyal çemberleri oluşturulmaktadır. Çıktı dosyasının adı belirlendikten sonra düğüm yerleşimi Şekil 4.44'de gösterilmektedir. Enerji seviye ayrımı ve algılayıcıların hareket modeli seçildikten sonra konum tahmini yapılan belirlenen renkle boyanmaktadır. Boyanan algılayıcı düğümler Şekil 4.45'de gösterilmektedir.

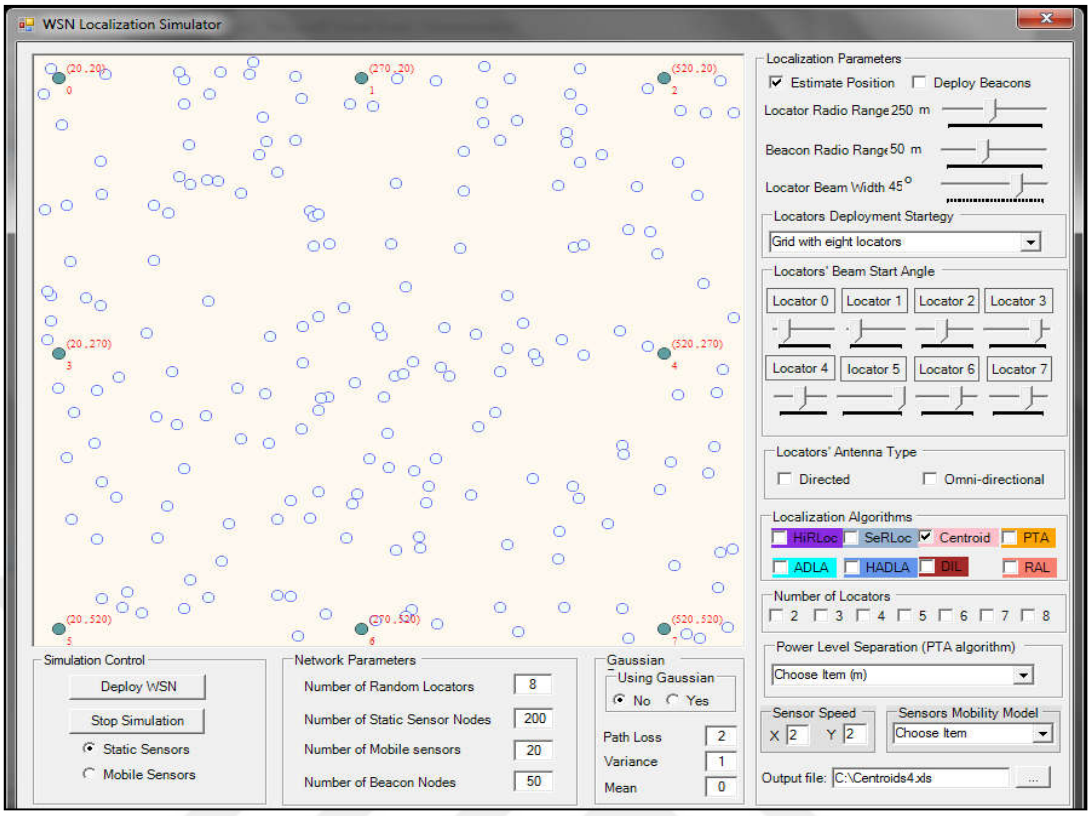


Şekil 4. 44. Senaryo 3 için PTA Algoritması Düğüm Yerleşimi

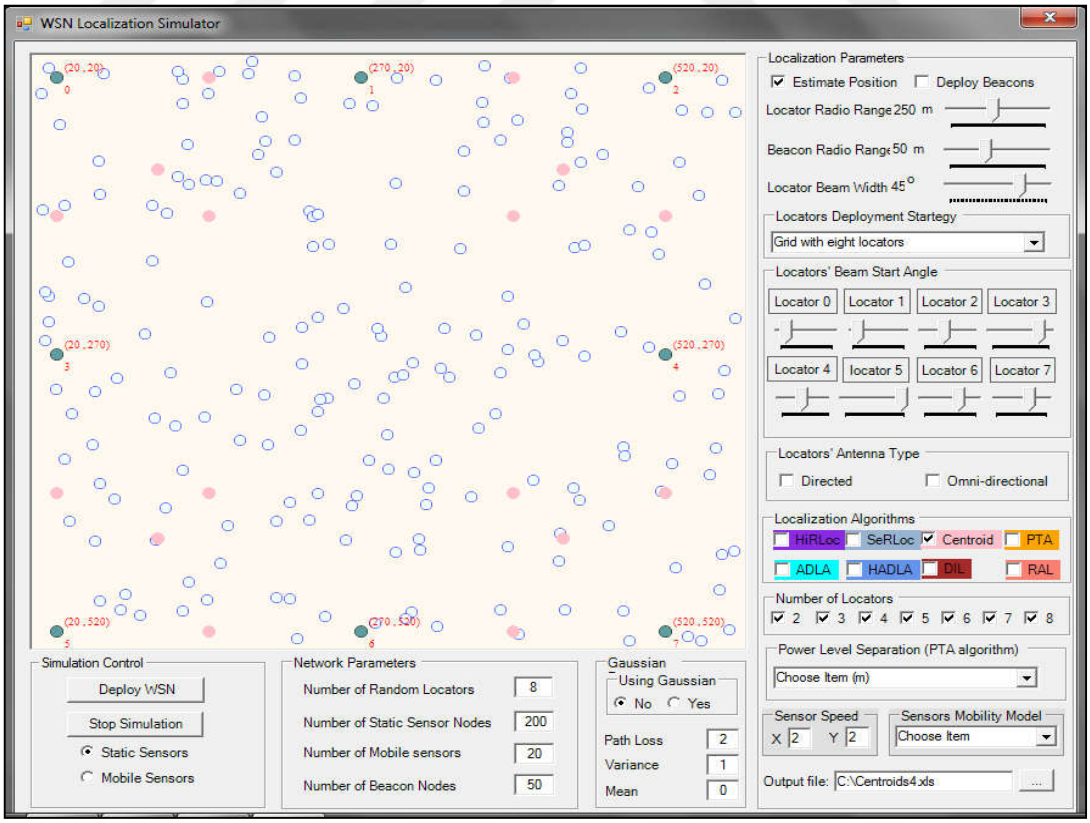


Şekil 4. 45. Senaryo 3 için PTA Algoritması Konum Tahmini Yapılan Algılayıcı Düğümler

Senaryo 4 için Centroid, ADLA, HiRLoc, SeRLoc, DIL, RAL ve PTA konumlandırma algoritmaları sırası ile çalıştırılmaktadır. Senaryo 4'de Centroid algoritması için düzenli dağıtım, 200 adet algılayıcı düğüm ile seyrek yerleşim ve sekiz adet konum belirleyici kullanılmaktadır. Centroid için uygulama senaryosu çalıştırılırken algılayıcı düğüm sayısı belirlendikten sonra konum belirleyici yerleşim stratejisi sekiz konum belirleyici ile düzenli olarak seçilerek konum belirleyici iletişim aralığı ayarlanmaktadır. Algılayıcı düğüm ve konum belirleyici yerleşimi yapılarak benzetim başlatılmaktadır. Konum tahmini işaretlendikten sonra Centroid algoritması seçilerek çıktı dosyasının adı belirlenmektedir. Tüm bu işlemler yapıldıktan sonra Centroid algoritması konum tahmini yapmaya başlamadan önce algılayıcı düğüm ve konum belirleyicilerin yerleşimleri Şekil 4.46'da gösterilmektedir. Konum belirleyicilerin sayısı 2, 3, 4, 5, 6, 7 ve 8 konum belirleyici için kontrol edilerek tüm algılayıcı düğümlerin işaretlenmesi bitene kadar kontrole devam edilmektedir. Konum tahmini kontrolü yapılan düğümler belirlenen renkle düğümlerin görüntülendiği bölümde gösterilmektedir. Konum tahmini yapılan algılayıcı düğümlerin boyanmış halleri Şekil 4.47'de gösterilmektedir.

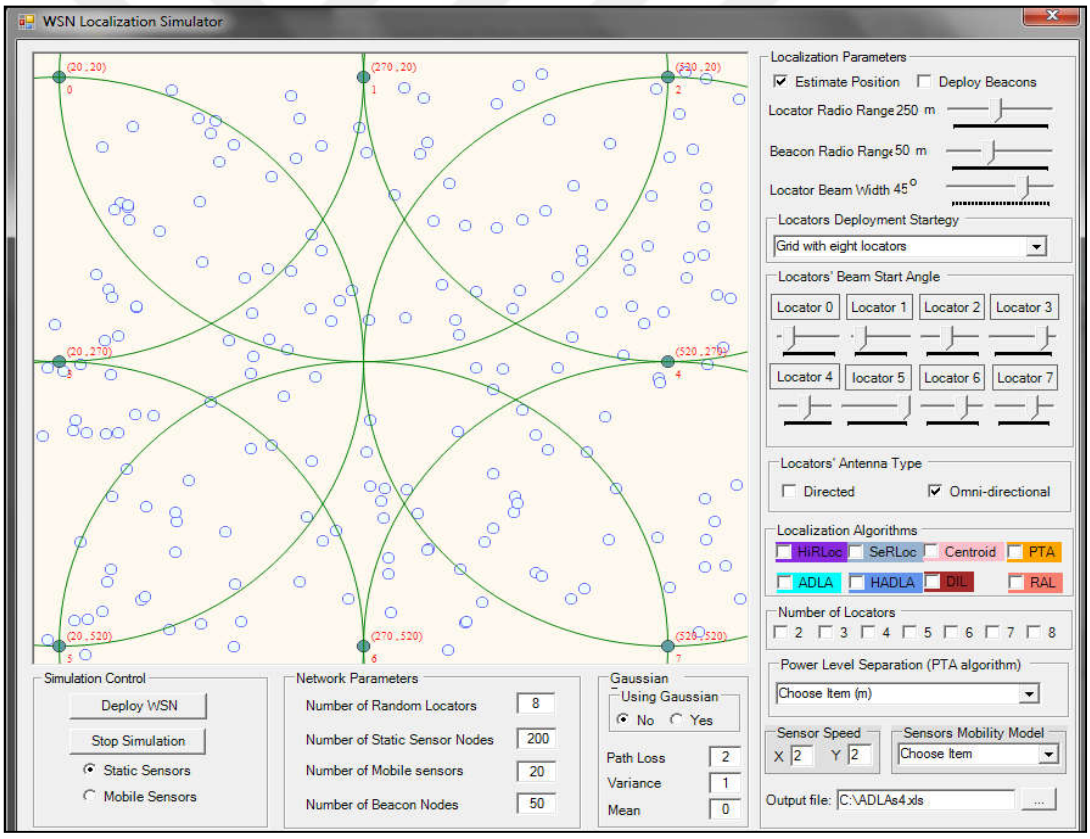


Şekil 4. 46. Senaryo 4 için Centroid Algoritması Düğüm Yerleşimi

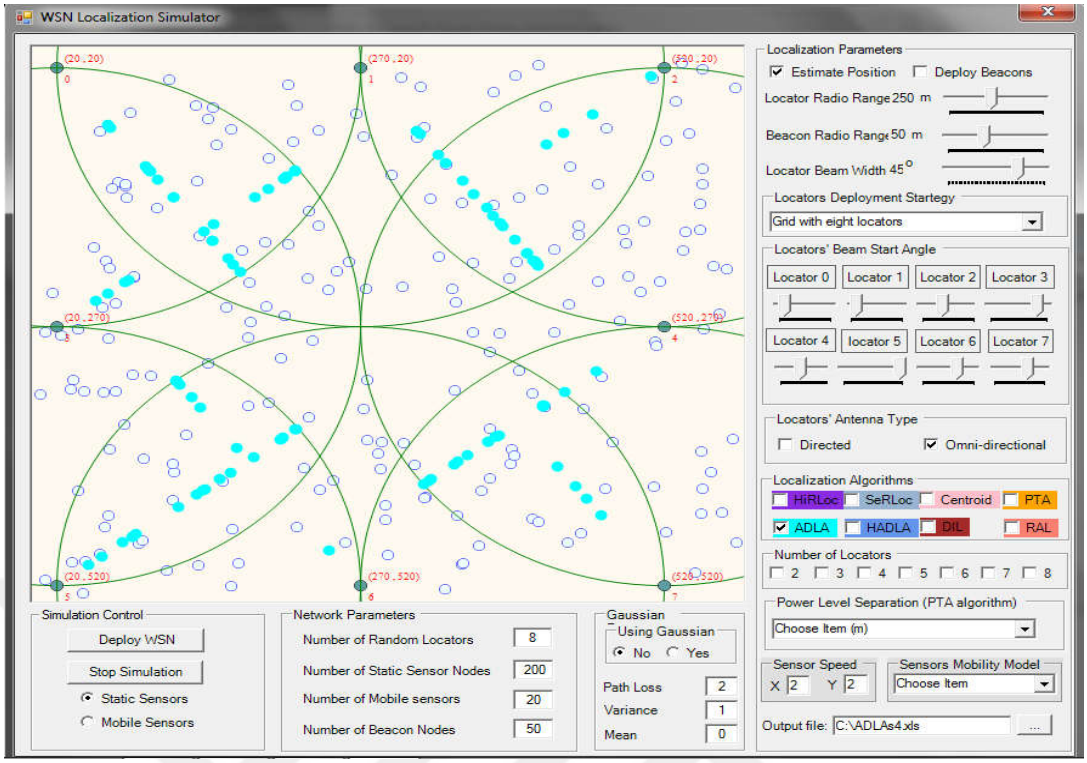


Şekil 4. 47. Senaryo 4 için Centroid Algoritması Konum Tahmini Yapılan Algılayıcı Düğümler

Senaryo 4'de ADLA algoritması için tüm yönlü anten, düzenli dağıtım, 200 adet algılayıcı düğüm ile seyrek yerleşim ve sekiz adet konum belirleyici kullanılmaktadır. Uygulama senaryosu çalıştırılırken öncelikle 200 adet algılayıcı düğüm ara yüzde ağ parametreleri kısmında düzenlendikten sonra konum belirleyici yerleşim stratejisi sekiz konum belirleyici ile düzenli olarak seçilmektedir. Ardından ADLA algoritmasının kullandığı tüm yönlü anten seçilerek algılayıcı düğüm iletişim aralığı belirlenen değere ayarlanır. Algılayıcı düğüm ve konum belirleyicilerin yerleşimi yapılır. Benzetim başlatıldıktan sonra konum tahmini seçilerek çıktı dosyasının adı belirlenmektedir. Algoritma çalışmaya başlamadan önce algılayıcı düğümlerin ve konum belirleyicilerin yerleşimi Şekil 4.48'de gösterilmektedir. ADLA algoritması seçilerek konum tahmini yapılan algılayıcı düğümler belirlenen renkte boyanmaktadır. Konum tahmini yapılan boyanmış algılayıcı düğümler Şekil 4.49'da gösterilmektedir.

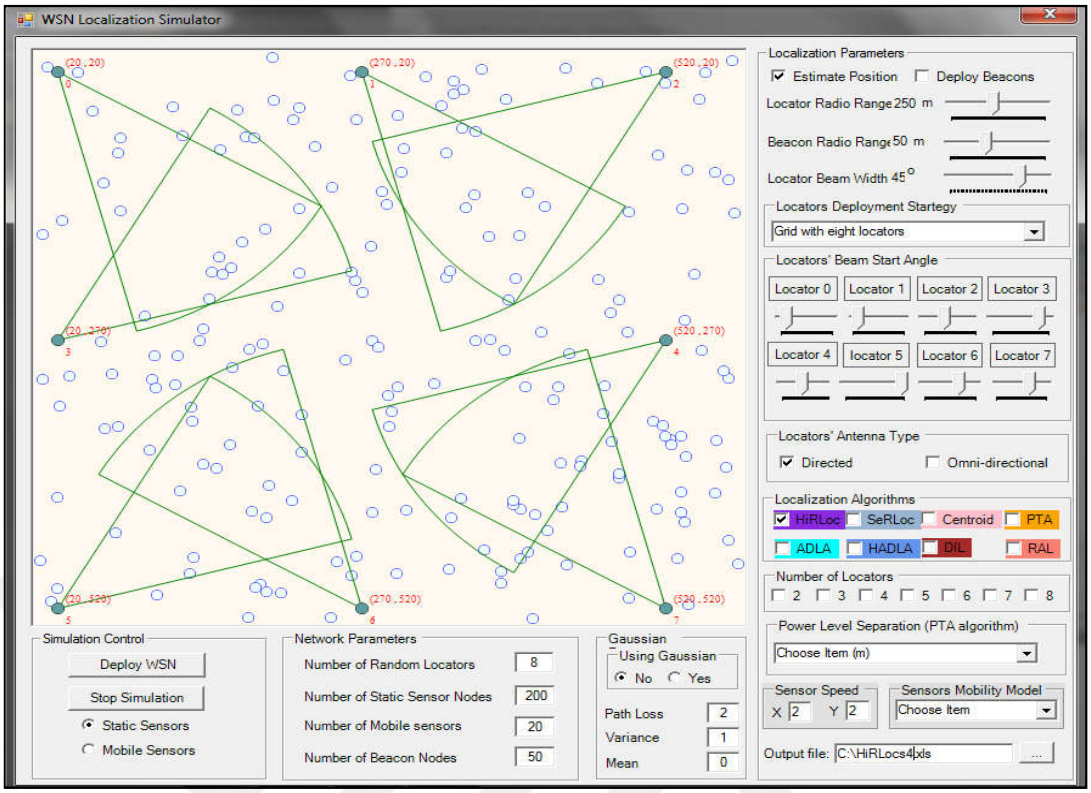


Şekil 4. 48. Senaryo 4 için ADLA Algoritması Düğüm Yerleşimi

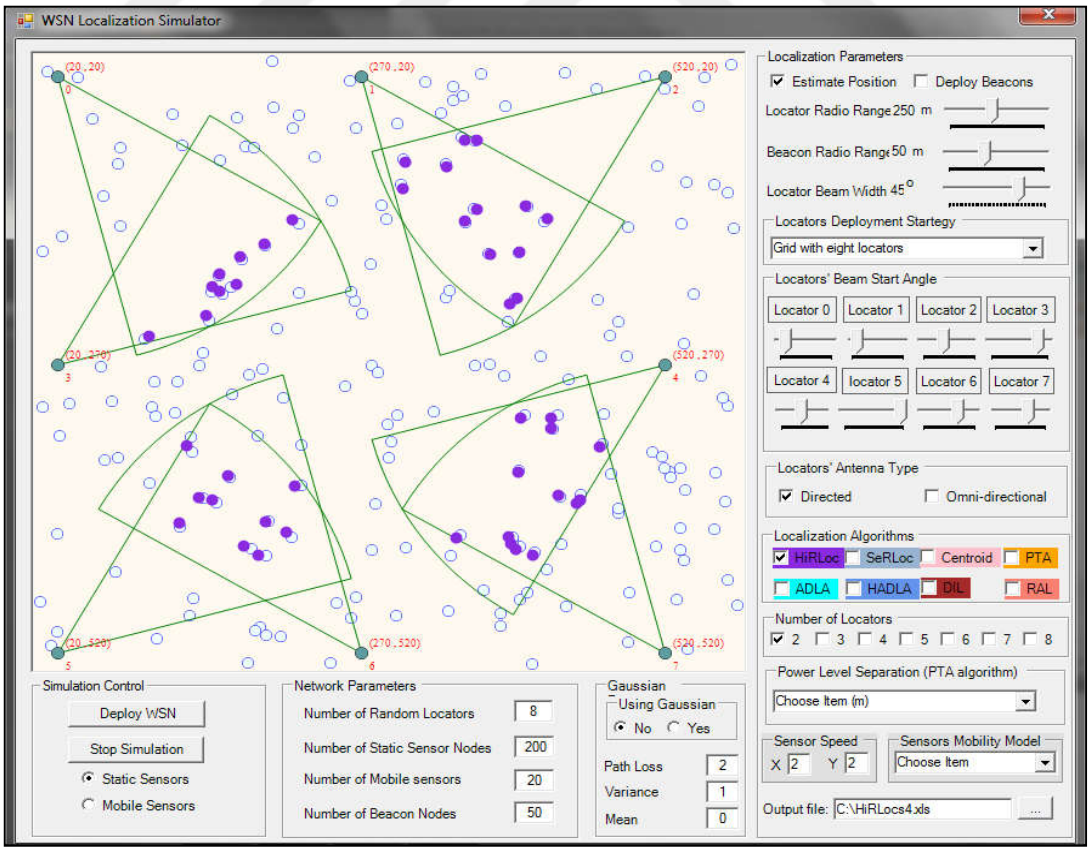


Şekil 4. 49. Senaryo 4 için ADLA Algoritması Konum Tahmini Yapılan Algılayıcı Düğümler

Senaryo 4'de HiRLoc algoritması için yönlü anten, düzenli dağıtım, 200 adet algılayıcı düğüm ile seyrek yerleşim ve sekiz adet konum belirleyici kullanılmaktadır. Uygulama senaryosu çalıştırılırken öncelikle algılayıcı düğüm ve konum belirleyici sayıları ara yüzde ağ parametreleri kısmında ayarlanır. Ardından konum belirleyici yerleşim stratejisi sekiz konum belirleyici ile düzenli olarak seçildikten sonra konum belirleyici iletişim aralığı düzenlenir. HiRLoc algoritmasının kullandığı anten tipi yönlü anten olarak seçilir. Konum belirleyicilerin kullandığı antenlerin ışın genişliği ve başlangıç açıları belirlenen değerlere ayarlanarak düğüm yerleşimi yapılır. Benzetim başlatıldıktan sonra konum tahmini seçilerek HiRLoc algoritması seçilir. Çıktı dosyasının adı belirlendikten sonra kesişen konum belirleyicilerin sayısı tek tek kontrol edilmektedir. Şekil 4.50'de HiRLoc algoritması için düğüm yerleşimleri gösterilmektedir. Konum belirleyicilerin sayısı kontrol edilirken kesişen konum belirleyicilerin olduğu bölgede konumu belirlenen algılayıcılar belirlenen renklerde boyanmaktadır. Şekil 4.51'de ise algoritma sonucu konumları tespit edilen düğümlerin boyanmış halleri gösterilmektedir.

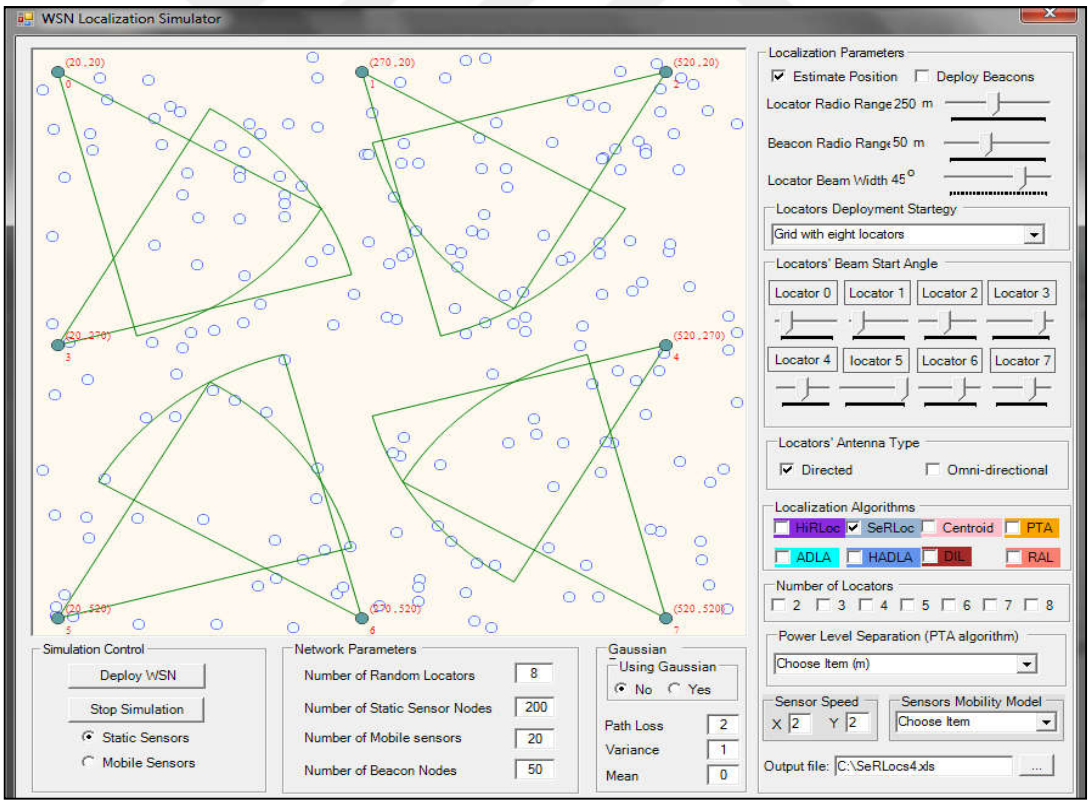


Şekil 4. 50. Senaryo 4 için HiRLoc Algoritması Düğüm Yerleşimi

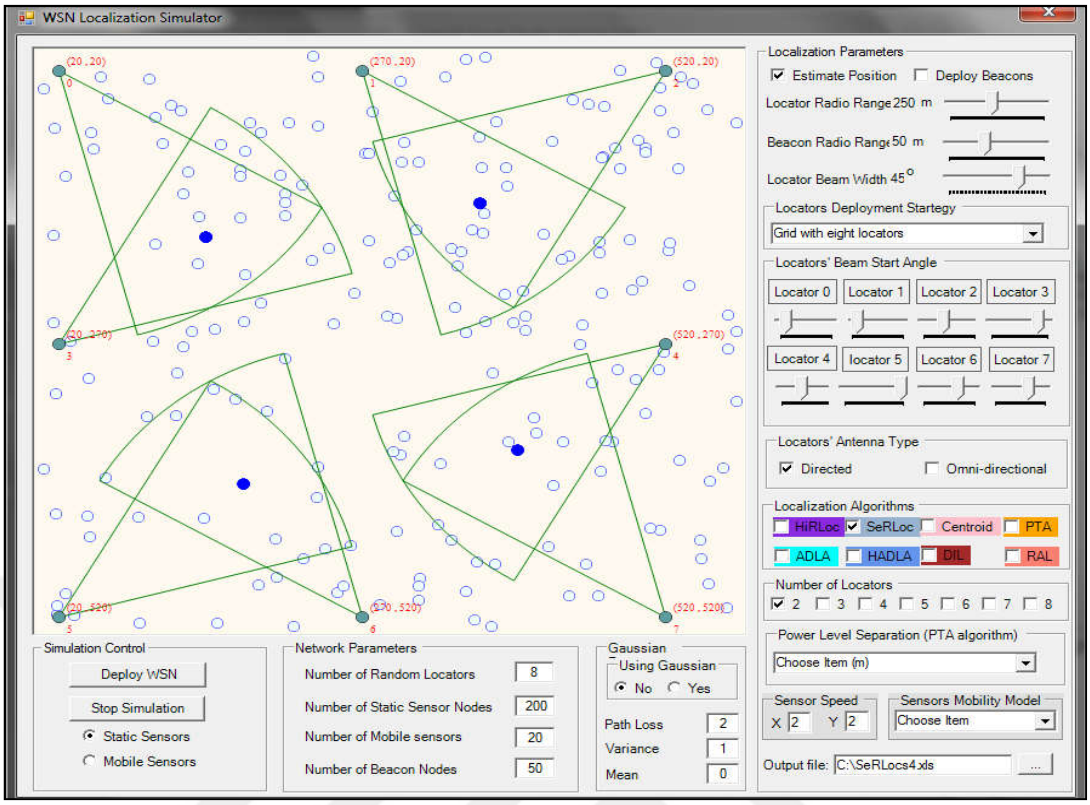


Şekil 4. 51. Senaryo 4 için HiRLoc Algoritması Konum Tahmini Yapılan Algılayıcı Düğümler

Senaryo 4'de SeRLoc algoritması için yönlü anten, düzenli dağıtım, 200 adet algılayıcı düğüm ile seyrek yerleşim ve sekiz adet konum belirleyici kullanılmaktadır. Uygulama senaryosu çalıştırılırken öncelikle algılayıcı düğüm ve konum belirleyici değerleri ara yüzde ayarlanır. Ardından konum belirleyici yerleşim stratejisi sekiz konum belirleyici ile düzenli olarak seçildikten sonra konum belirleyici iletişim aralığı düzenlenir. Ardından algoritmanın kullandığı anten tipi olarak yönlü anten seçilir. Kullanılan antenlerin ışın genişliği ve başlangıç açıları belirlenen değerlere ayarlanarak düğüm yerleşimi yapılır. Benzetim başlatıldıktan sonra konum tahmini seçilerek SeRLoc algoritması seçilir. Çıktı dosyasının adı belirlendikten sonra kesişen konum belirleyicilerin sayısı tek tek kontrol edilmektedir. Şekil 4.52'de SeRLoc algoritması için düğüm yerleşimleri gösterilmektedir. Konum belirleyicilerin sayısı kontrol edilirken kesişen konum belirleyicilerin olduğu bölgede konumu belirlenen algılayıcılar belirlenen renklerde boyanmaktadır. Şekil 4.53'de ise algoritma sonucu konumları tespit edilen düğümlerin boyanmış halleri gösterilmektedir.

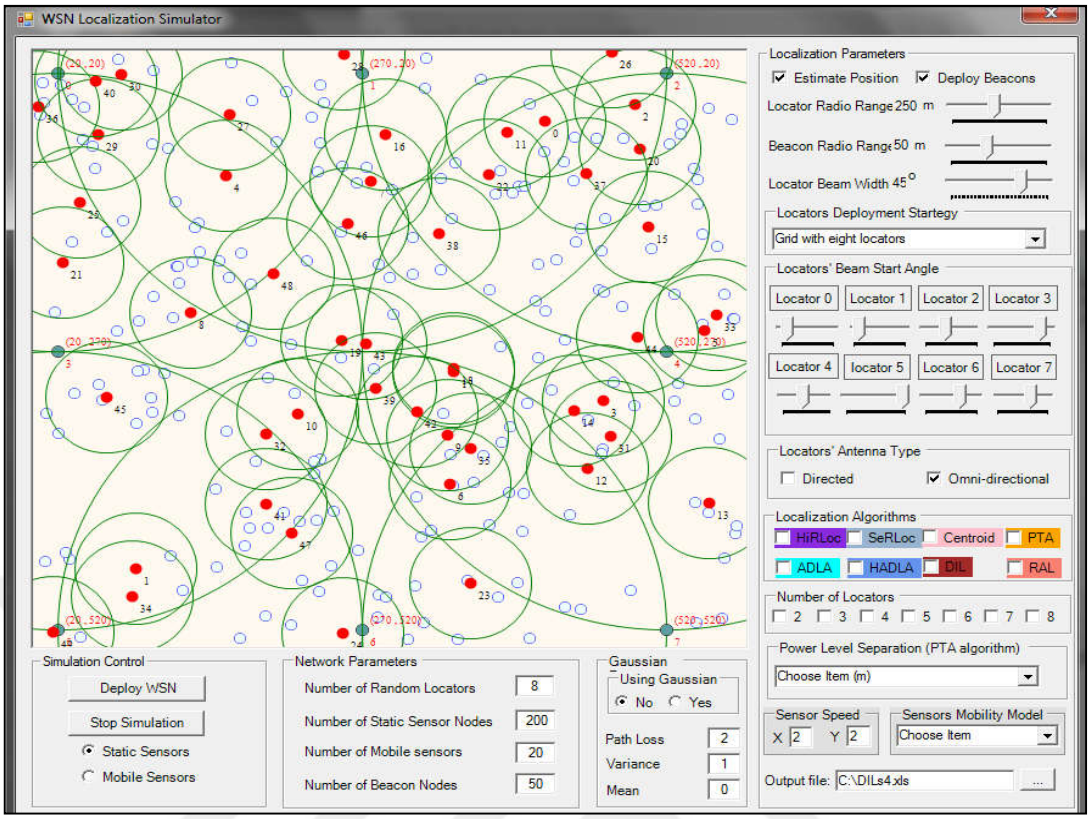


Şekil 4. 52. Senaryo 4 için SeRLoc Algoritması Düğüm Yerleşimi

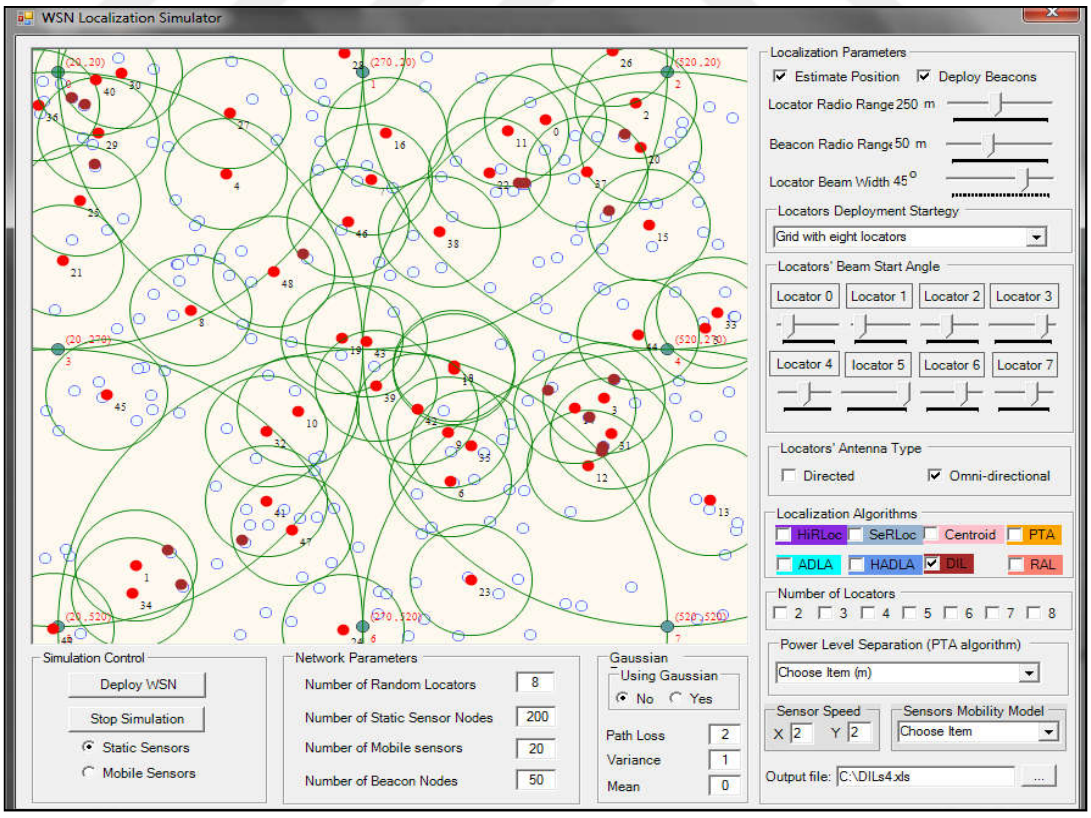


Şekil 4. 53. Senaryo 4 için SeRLoc Algoritması Konum Tahmini Yapılan Algılayıcı Düğümler

Senaryo 4'de DIL algoritması için tüm yönlü anten, düzenli dağıtım, 200 adet algılayıcı düğüm ile seyrek yerleşim, 50 adet işaretçi düğüm ve sekiz adet konum belirleyici kullanılmaktadır. DIL algoritması için uygulama senaryosu çalıştırılırken algılayıcı düğüm ve işaretçi düğüm sayıları ara yüzde düzenlendikten sonra konum belirleyici yerleşim stratejisi sekiz konum belirleyici ile düzenli olarak seçilmektedir. DIL algoritmasının kullandığı tüm yönlü anten seçilerek konum belirleyici ve işaretçi iletişim aralığı belirlenen değere ayarlanır. Ardından işaretçi yerleşimleri yapılır. İşaretçi düğümlerin yerleşimi seçildikten sonra tüm algılayıcı ağ düğümlerinin yerleşimi de yapılarak benzetim başlatılmaktadır. Konum tahmini işaretlendikten sonra çıktı dosyasının adı belirlenmektedir. Algoritma çalışmaya başlamadan önce algılayıcı düğüm, işaretçi düğüm ve konum belirleyici yerleşimleri Şekil 4.54'de gösterilmektedir. DIL algoritması seçilerek konum tahmini yapılan algılayıcı düğümlerinin belirlenen renk ile boyanması sağlanır. Konum tahmini yapılan boyanmış algılayıcı düğümler Şekil 4.55'de gösterilmektedir.

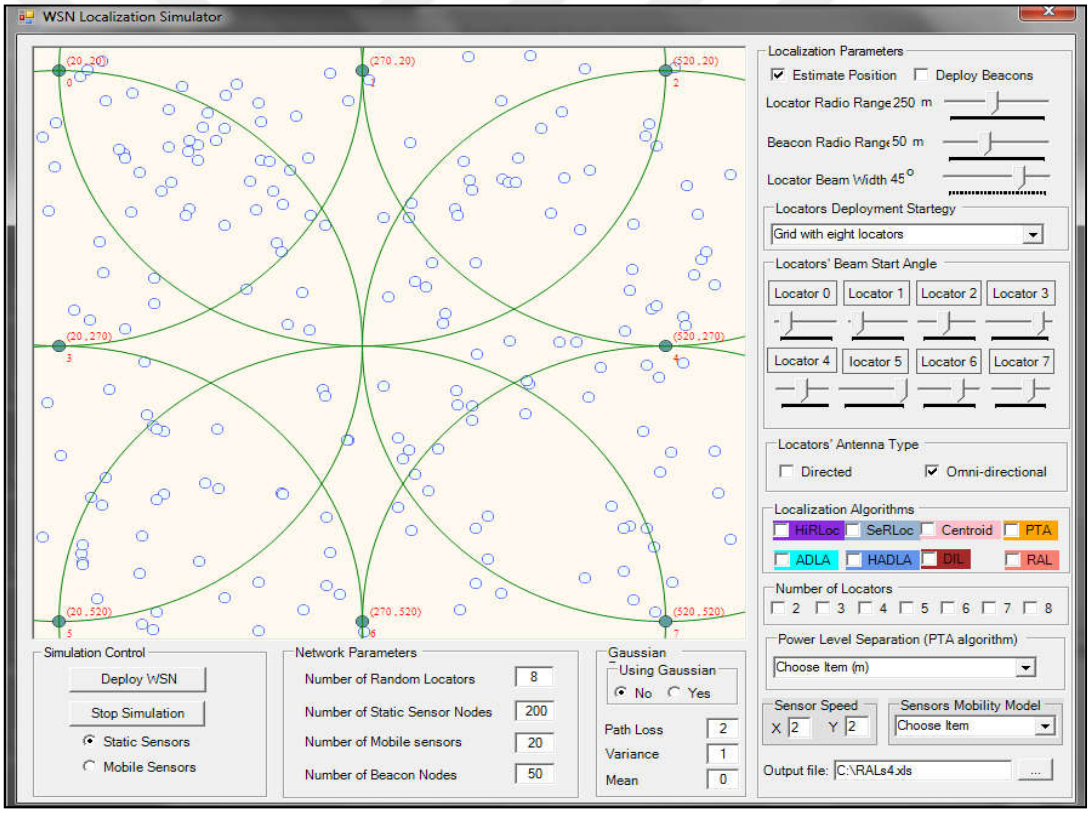


Şekil 4. 54. Senaryo 4 için DIL Algoritması Düğüm Yerleşimi

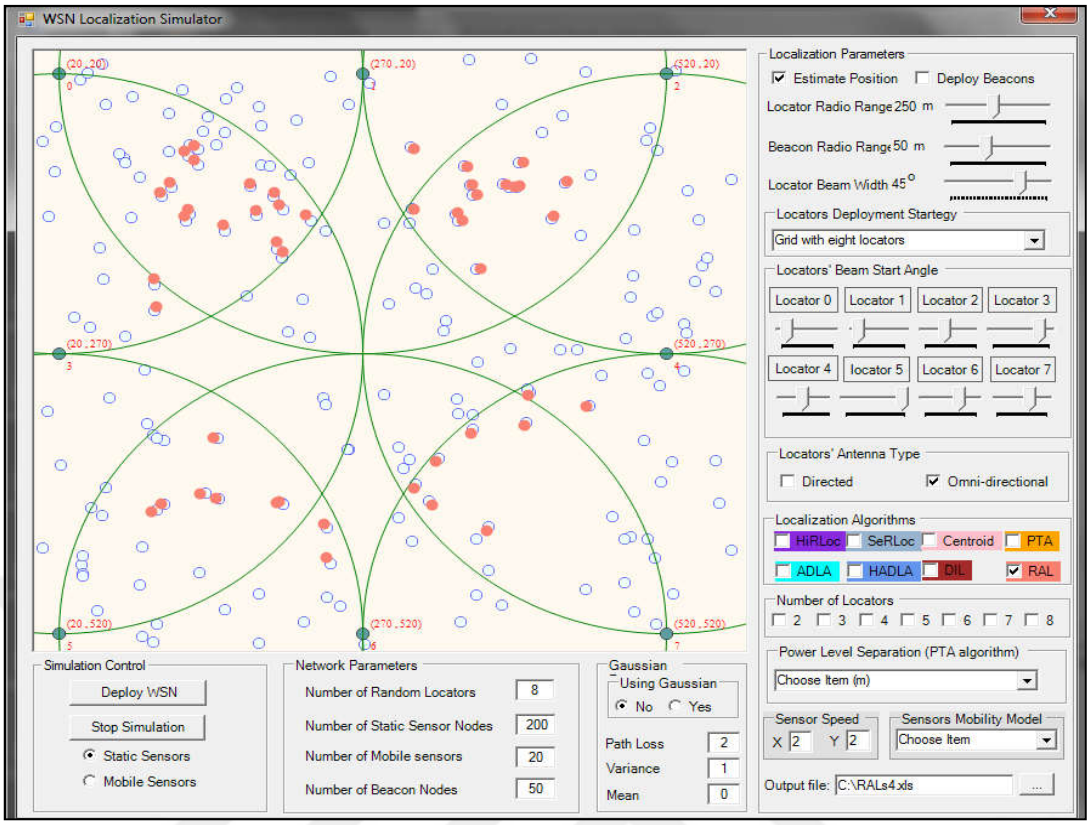


Şekil 4. 55. Senaryo 4 için DIL Algoritması Konum Tahmini Yapılan Algılayıcı Düğümler

Senaryo 4'de RAL algoritması için tüm yönlü anten, düzenli dağıtım, 200 adet algılayıcı düğüm ile seyrek yerleşim ve sekiz adet konum belirleyici kullanılmaktadır. Uygulama senaryosu çalıştırılırken öncelikle algılayıcı düğüm ara yüzde ağ parametreleri kısmında düzenlendikten sonra konum belirleyici yerleşim stratejisi sekiz konum belirleyici ile düzenli olarak seçilmektedir. Konum belirleyici iletişim aralığı belirlenen değere ayarlanır. Ardından RAL algoritmasının kullandığı tüm yönlü anten seçilerek düğüm yerleşimi yapılır. Benzetim başlatıldıktan sonra konum tahmini seçilerek çıktı dosyasının adı belirlenmektedir. Algoritma çalışmaya başlamadan önce algılayıcı düğümlerin ve konum belirleyicilerin yerleşimi Şekil 4.56'da gösterilmektedir. RAL algoritması seçilerek belirlenen renkte boyanan algılayıcı düğümler Şekil 4.57'de gösterilmektedir.

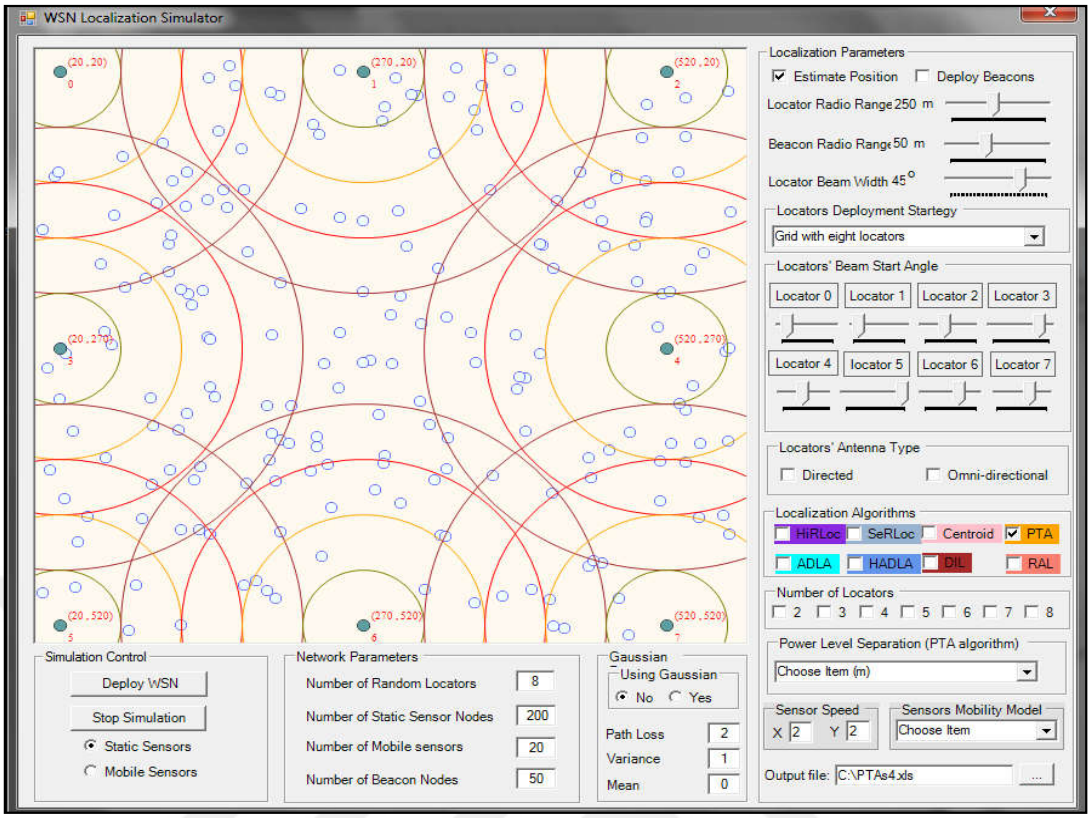


Şekil 4. 56. Senaryo 4 için RAL Algoritması Düğüm Yerleşimi

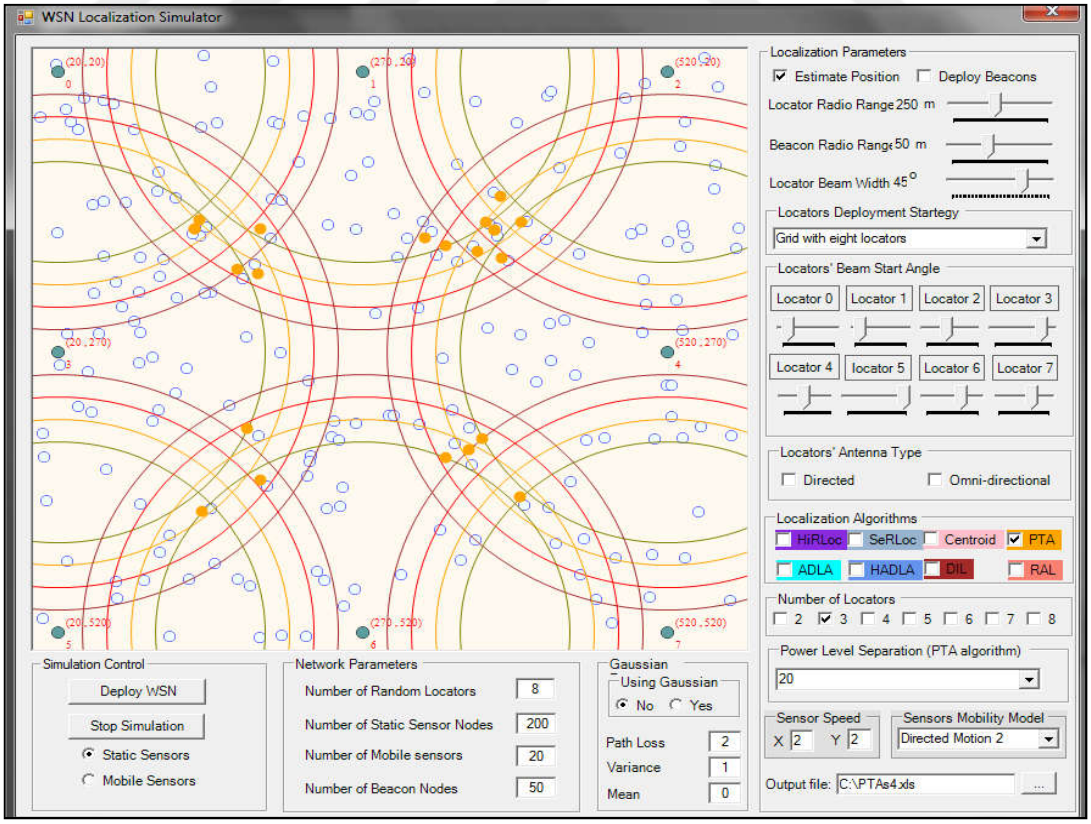


Şekil 4. 57. Senaryo 4 için RAL Algoritması Konum Tahmini Yapılan Algılayıcı Düğümler

Senaryo 4'de PTA algoritması için düzenli dağıtım, 200 adet algılayıcı düğüm ile seyrek yerleşim ve sekiz adet konum belirleyici kullanılmaktadır. Uygulama senaryosu çalıştırılırken ara yüzde 200 adet algılayıcı düğüm ve sekiz adet konum belirleyici ayarlanır. Daha sonra sekiz konum belirleyici ile düzenli yerleşim stratejisi seçilerek konum belirleyici iletişim aralığı ayarlanarak algılayıcı düğüm ve konum belirleyici yerleşimi yapılır. Düğüm yerleşiminden sonra benzetim başlatılarak konum tahmini seçilmektedir. Konumlandırma algoritması PTA seçilmektedir. Üzerinde çalışılan uygulama senaryolarında enerji seviyesi ayrımı 20 birim olarak belirlendiği için 20 birimlik seviye ayrımlarıyla sinyal çemberleri oluşturulmaktadır. Çıktı dosyasının adı belirlendikten sonra düğüm yerleşimi Şekil 4.58'de gösterilmektedir. Enerji seviye ayrımı ve algılayıcıların hareket modeli seçildikten sonra konum tahmini yapılan belirlenen renkle boyanmaktadır. Boyanan algılayıcı düğümler Şekil 4.59'da gösterilmektedir.



Şekil 4. 58. Senaryo 4 için PTA Algoritması Düğüm Yerleşimi



Şekil 4. 59. Senaryo 4 için PTA Algoritması Konum Tahmini Yapılan Algılayıcı Düğümler

BÖLÜM 5

SONUÇLAR

WSN Localization Simulator ile Bölüm 4.2'de açıklanan uygulama senaryoları sekiz konumlandırma algoritması için ayrı ayrı çalıştırılmıştır. Program çıktısı dosyaları Excel dosyası olarak tutulmaktadır. Elde edilen sonuç verileri Ekler bölümünde sunulmaktadır.

Kablosuz algılayıcı ağı konumlandırma benzetim ortamda çalıştırılan dört farklı uygulama senaryosu ile her konumlandırma algoritması için ayrı ayrı benzetim sonuçları elde edilmiştir. Centroid algoritması için alınan sonuçlar çizelgesinde Kesişen Konum Belirleyici ile konumu tahmin edilen algılayıcıların kaç adet konum belirleyicinin kesişmesiyle tespit edildiğini göstermektedir. Düğüm ile konumu tahmin edilen algılayıcı düğümün numarası verilmektedir. Örneğin; EK-A.1'de iki adet konum belirleyicinin kesişimiyle konumu tahmin edilen ilk algılayıcı 6 numaralı algılayıcıdır. X Tahmin ile konum tahmininde elde edilen tahmini noktanın koordinat sisteminde X eksenindeki değeri, Y Tahmin ile Y eksenindeki değeri verilmektedir. X Hata ve Y Hata ile X ve Y eksenlerinde, tahmini konum ve gerçek konum arasındaki hata değerleri verilmektedir. Ortalama Hata ile de X Hata ve Y Hata değerleri kullanılarak EKLER bölümünde verilen denklem ile elde edilen gerçek konum ve tahmin edilen konum arasındaki hata değeri gösterilmektedir. Çizelgelerin en alt kısmında toplamda kaç adet algılayıcının konumunu tespit edildiği, tüm konum tespit edilen algılayıcı düğümler için ortalama konumlandırma hatası ve konum tahmini için geçen algoritma hesaplama süresinin ne kadar olduğu verilmektedir.

Uygulama senaryoları çalıştırılırken ve benzetim tamamlandıktan sonra, her uygulama senaryosu için kaç konum belirleyicinin kesişimi ile bulunduğu bilgisi, tespit edilen düğüm sayıları, ortalama konumlandırma hatası, algoritmanın benzetim süresi ve benzetim süresince ortama işlemci kullanımları algoritmalara göre uygulama senaryoları için ayrı ayrı olmak üzere özet halde tablolar ile sunulmaktadır.

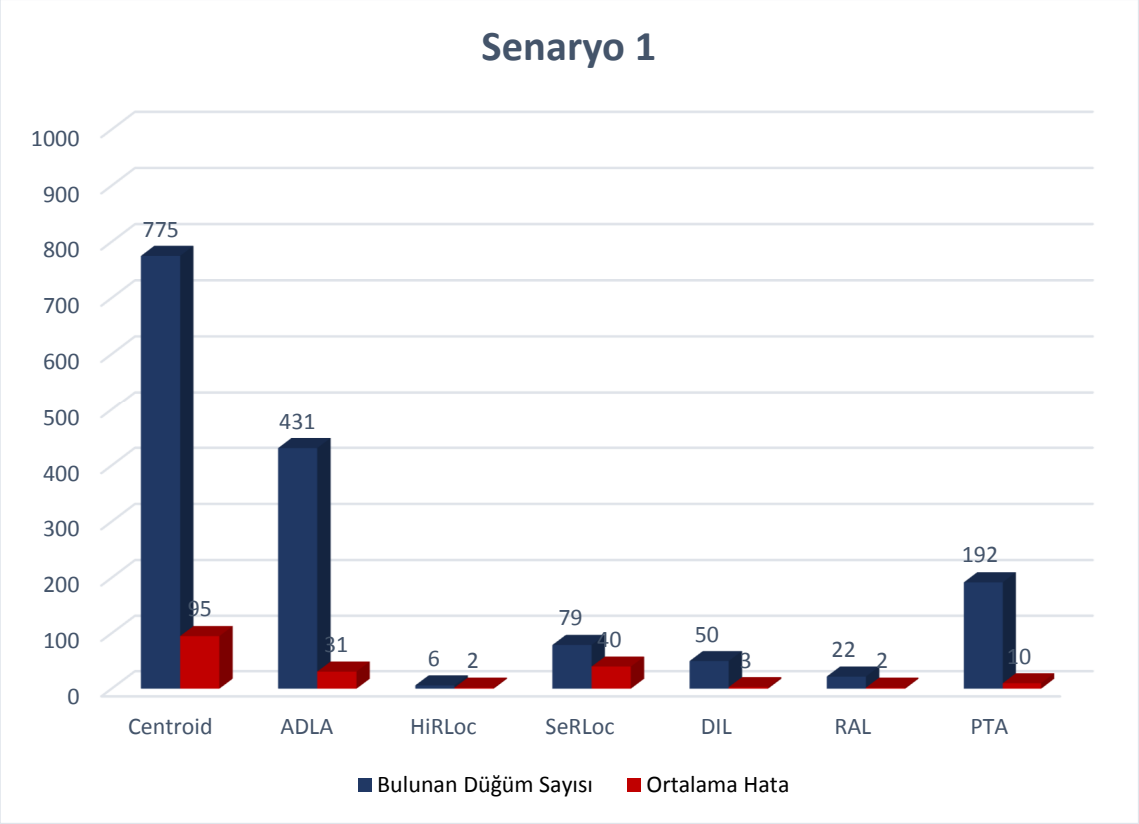
Rastgele dağıtımın kullanıldığı, algılayıcı düğüm sayısının 1000 adet, konum belirleyici sayısının 8 adet, işaretçi sayısının 50 adet, konum belirleyici iletişim aralığının 250 m, işaretçi iletişim aralığının 50 m ve konum belirleyicilerden gönderilen sinyallerin ışın genişliğinin 45° olduğu uygulama senaryosu 1 için Centroid, ADLA, HiRLoc, SeRLoc, DIL, RAL ve PTA konumlandırma algoritmaları benzetim sonuçları Çizelge 5.1'de özetlenmiştir. Uygulama senaryosu 1 için Centroid algoritması benzetim sonuçları EK-A.1'de, ADLA algoritması benzetim sonuçları EK-A.2'de, HiRLoc algoritması benzetim sonuçları EK-A.3'de, SeRLoc algoritması benzetim sonuçları EK-A.4'de, DIL algoritması benzetim sonuçları EK-A.5'de, RAL algoritması benzetim sonuçları EK-A.6'de ve PTA algoritması benzetim sonuçları EK-A.7'de detaylı olarak sunulmaktadır.

Çizelge 5. 1. Senaryo 1 Özet Benzetim Sonuçları

Senaryo 1	Centroid					ADLA	HiRLoc	SeRLoc	DIL	RAL	PTA
Konum Belirleyici Sayısı	2	3	4	5	6		2	2			
Algılayıcı Sayısı	183	240	254	97	1	431	6	79	50	22	192
Ortalama Konumlandırma Hatası (cm)	122	88	86	90	92	31	2	40	3	2	10
Benzetim Süresi	15ms					7ms	15ms	109ms	<1ms	<1ms	15ms
CPU Kullanımı	%4					%4	%4	%6	%4	%4	%4

Uygulama senaryosu 1 sonucunda ağ yapısına rastgele yerleştirilen 1000 adet konumu bilinmeyen algılayıcı düğüm içerisinden Centroid algoritması ile iki/üç/dört/beş ve altı konum belirleyici kesişim bölgesinde bulunan toplam 775 adet

algılayıcı düğüm 95 cm ortalama konumlandırma hatasıyla 15 ms sürede tahmin edilmiştir. Aynı sayıda algılayıcı düğüm için ADLA algoritması ile 7 ms sürede 31 cm ortalama konumlandırma hatasıyla 431 adet algılayıcı düğüm konumu tahmin edilmiştir. HiRLoc algoritması ile 2 cm ortalama konumlandırma hatasıyla 6 adet algılayıcı düğümün konumu 15 ms benzetim süresinde tahmin edilmiştir. SeRLoc algoritması kullanıldığında 1000 adet algılayıcı düğüm için 40 cm ortalama konumlandırma hatası ile 79 adet algılayıcı düğüm konumu 109 ms sürede tahmin edilmiştir. DIL algoritması ile 50 adet algılayıcı düğümün konumu 3 cm ortalama konumlandırma hatasıyla 1 ms'den kısa sürede tahmin edilmiştir. RAL algoritması 2 cm ortalama konumlandırma hatası ile 22 adet algılayıcı düğümün konum tahminini 1 ms'den daha kısa sürede gerçekleştirmiştir. PTA algoritması ile 15 ms sürede 10 cm ortalama konumlandırma hatası ile 192 adet algılayıcı düğüm konumu tahmini yapılmıştır. Uygulama senaryosu 1 için konumlandırma algoritmaları verileri Şekil 5.1'de sunulmaktadır.



Şekil 5. 1. Senaryo 1 Konumlandırma Algoritmaları

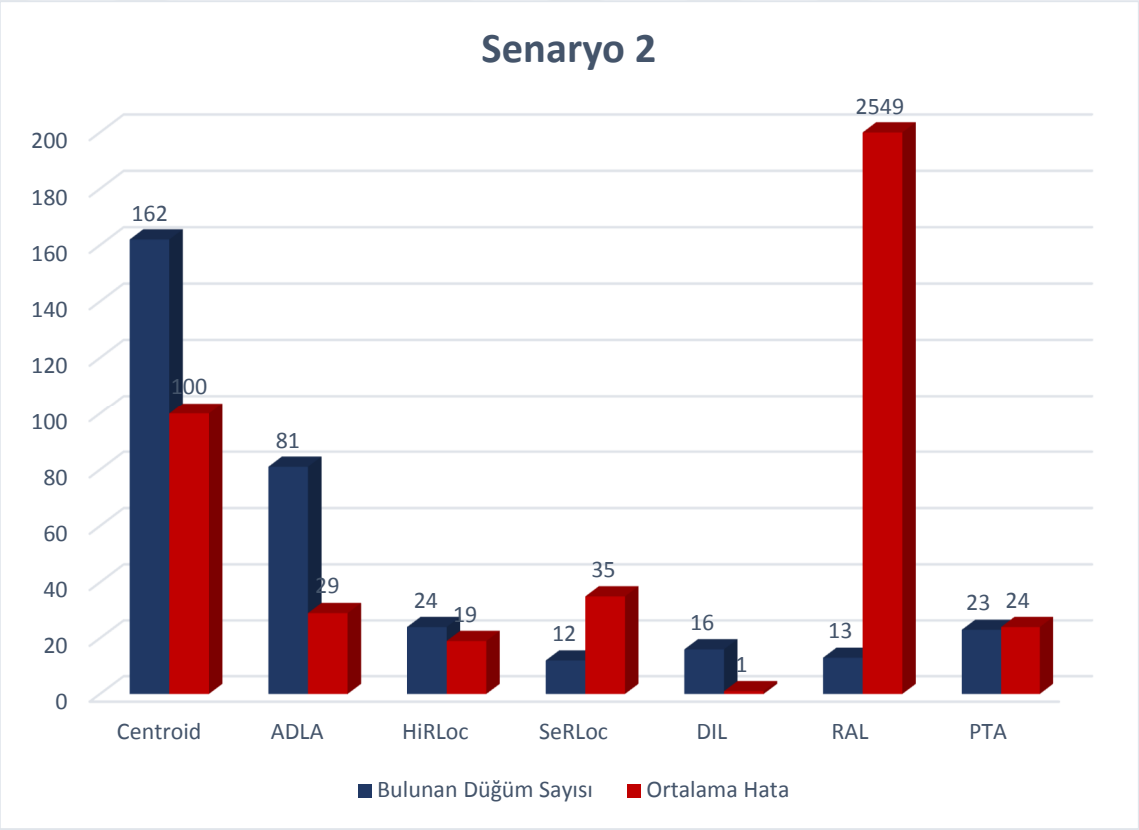
Rastgele dağıtımın kullanıldığı, algılayıcı düğüm sayısının 200 adet, konum belirleyici sayısının 8 adet, işaretçi sayısının 50 adet, konum belirleyici iletişim aralığının 250 m, işaretçi iletişim aralığının 50 m ve konum belirleyicilerden gönderilen sinyallerin ışın genişliğinin 45° olduğu uygulama senaryosu 2 için Centroid, ADLA, HiRLoc, SeRLoc, DIL, RAL ve PTA konumlandırma algoritmaları çıktı verileri Çizelge 5.2'de özetlenmiştir. Uygulama senaryosu 2 için Centroid algoritması benzetim sonuçları EK-B.1'de, ADLA algoritması benzetim sonuçları EK-B.2'de, HiRLoc algoritması benzetim sonuçları EK-B.3'de, SeRLoc algoritması benzetim sonuçları EK-B.4'de, DIL algoritması benzetim sonuçları EK-B.5'de, RAL algoritması benzetim sonuçları EK-B.6'de ve PTA algoritması benzetim sonuçları EK-B.7'de detaylı olarak sunulmaktadır.

Çizelge 5. 2. Senaryo 2 Özet Benzetim Sonuçları

Senaryo 2	Centroid						ADLA	HiRLoc	SeRLoc	DIL	RAL	PTA
Konum Belirleyici Sayısı	2	3	4	5	6	7		2	2			
Algılayıcı Sayısı	26	17	42	57	18	2	81	24	12	16	13	53
Ortalama Konumlandırma Hatası (cm)	118	82	129	90	61	34	29	19	35	1	2549	24
Benzetim Süresi	<1ms						<1ms	62ms	15ms	<1ms	<1ms	<1ms
CPU Kullanımı	%3						%4	%10	%6	%5	%1	%3

Uygulama senaryosu 2'nin WSN konumlandırma benzetim ortamında çalıştırılması sonucunda kablosuz algılayıcı ağında rastgele yerleştirilen 200 adet algılayıcı düğümden Centroid algoritması ile iki/üç/dört/beş/altı ve yedi konum belirleyici kesişim bölgesinde bulunan toplam 162 adet algılayıcı düğümün konum tahmini 100 cm ortalama konumlandırma hatasıyla 1 ms'den kısa sürede gerçekleşmiştir. Ağda bulunan algılayıcı düğümler ADLA algoritması ile 81 adet algılayıcı düğümün 29 cm ortalama konumlandırma hatası ile 1 ms'den kısa sürede konum tahmini yapılmıştır. HiRLoc algoritması ile 19 cm ortalama konumlandırma hatasıyla 24 adet algılayıcı düğümün

konumu 62 ms benzetim süresinde tahmin edilmiştir. SeRLoc algoritması kullanıldığında yerleştirilen algılayıcı düğümler için 35 cm ortalama konumlandırma hatası ile 12 adet algılayıcı düğüm konumu 15 ms sürede tahmin edilmiştir. DIL algoritması ile 1 cm ortalama konumlandırma hatası ile 16 adet algılayıcı düğüm 1 ms'den daha kısa sürede tahmin edilmiştir. RAL algoritması 2549 cm ortalama konumlandırma hatası ile 13 adet algılayıcı düğümün konum tahminini 1 ms'den daha kısa sürede gerçekleştirmiştir. PTA algoritması ile 1 ms'den kısa sürede 24 cm ortalama konumlandırma hatası ile 23 adet algılayıcı düğüm konumu tahmini yapılmıştır. Uygulama senaryosu 2 için konumlandırma algoritmaları verileri Şekil 5.2'de gösterilmektedir.



Şekil 5. 2. Senaryo 2 Konumlandırma Algoritmaları

Düzenli dağıtımın kullanıldığı, algılayıcı düğüm sayısının 1000 adet, konum belirleyici sayısının 8 adet, işaretçi sayısının 50 adet, konum belirleyici iletişim aralığının 250 m, işaretçi iletişim aralığının 50 m ve konum belirleyicilerden gönderilen sinyallerin ışın genişliğinin 45° olduğu uygulama senaryosu 3 için Centroid, ADLA, HiRLoc, SeRLoc, DIL, RAL ve PTA konumlandırma algoritmaları çıktı verileri Çizelge

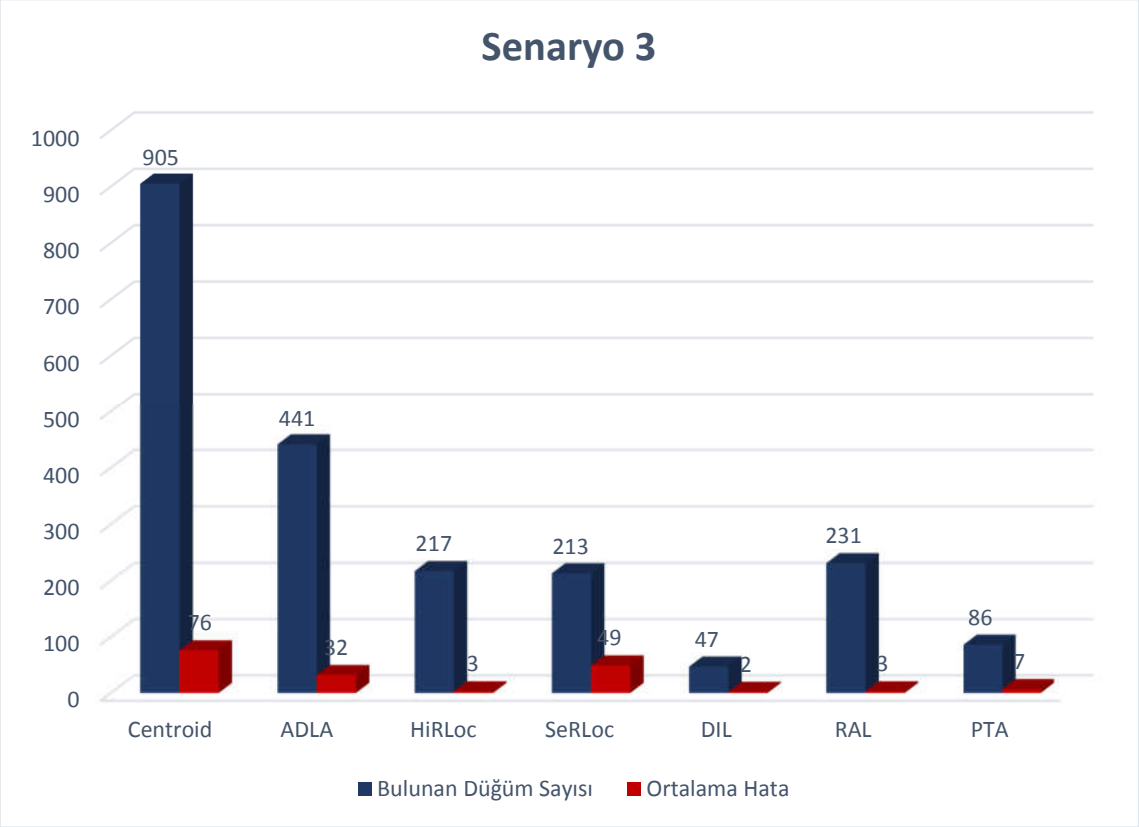
5.3'de özetlenmiştir. Uygulama senaryosu 3 için Centroid algoritması benzetim sonuçları EK-C.1'de, ADLA algoritması benzetim sonuçları EK-C.2'de, HiRLoc algoritması benzetim sonuçları EK-C.3'de, SeRLoc algoritması benzetim sonuçları EK-C.4'de, DIL algoritması benzetim sonuçları EK-C.5'de, RAL algoritması benzetim sonuçları EK-C.6'de ve PTA algoritması benzetim sonuçları EK-C.7'de detaylı olarak gösterilmiştir.

Çizelge 5. 3. Senaryo 3 Özet Benzetim Sonuçları

Senaryo 3	Centroid		ADLA	HiRLoc	SeRLoc	DIL	RAL	PTA
Konum Belirleyici Sayısı	2	3		2	2			
Algılayıcı Sayısı	508	397	441	217	213	47	231	86
Ortalama Konumlandırma Hatası (cm)	81	68	32	3	49	2	3	7
Benzetim Süresi	31ms		7ms	218ms	218ms	<1ms	<1ms	15ms
CPU Kullanımı	%5		%4	%12	%11	%5	%4	%2

Uygulama senaryosu 3'ün 1000 adet algılayıcı düğümünün kablosuz algılayıcı ağ yapısına düzenli olarak yerleştirilmesi ile Centroid algoritması kullanılarak iki ve üç konum belirleyici kesişim bölgesinde bulunan toplam 905 adet algılayıcı düğümün konumu 76 cm ortalama konumlandırma hatası ile 31 ms sürede tahmin edilmiştir. ADLA algoritması kullanıldığında 7 ms sürede 32 cm ortalama konumlandırma hatası ile 441 adet algılayıcı düğüm konumu tahmin edilmiştir. HiRLoc algoritması ile 3 cm ortalama konumlandırma hatası ile 217 adet algılayıcı düğümün konum tahmini 218 ms sürede gerçekleşmiştir. SeRLoc algoritması kullanıldığında 1000 adet algılayıcı düğüm için 49 cm ortalama konumlandırma hatası ile 213 adet algılayıcı düğüm konumu 218 ms sürede tahmin edilmiştir. DIL algoritması ile 2 cm ortalama konumlandırma hatası ile 47 adet algılayıcı düğüm 1 ms'den daha kısa sürede tahmin edilmiştir. RAL algoritması 3 cm ortalama konumlandırma hatası ile 231 adet algılayıcı düğümün konum tahminini 1 ms'den daha kısa sürede gerçekleştirmiştir. PTA algoritması ile 15 ms sürede 7 cm ortalama konumlandırma hatası ile 86 adet algılayıcı düğüm konumu

tahmini yapılmıştır. Uygulama senaryosu 3 için konumlandırma algoritmaları verileri Şekil 5.3'de gösterilmektedir.



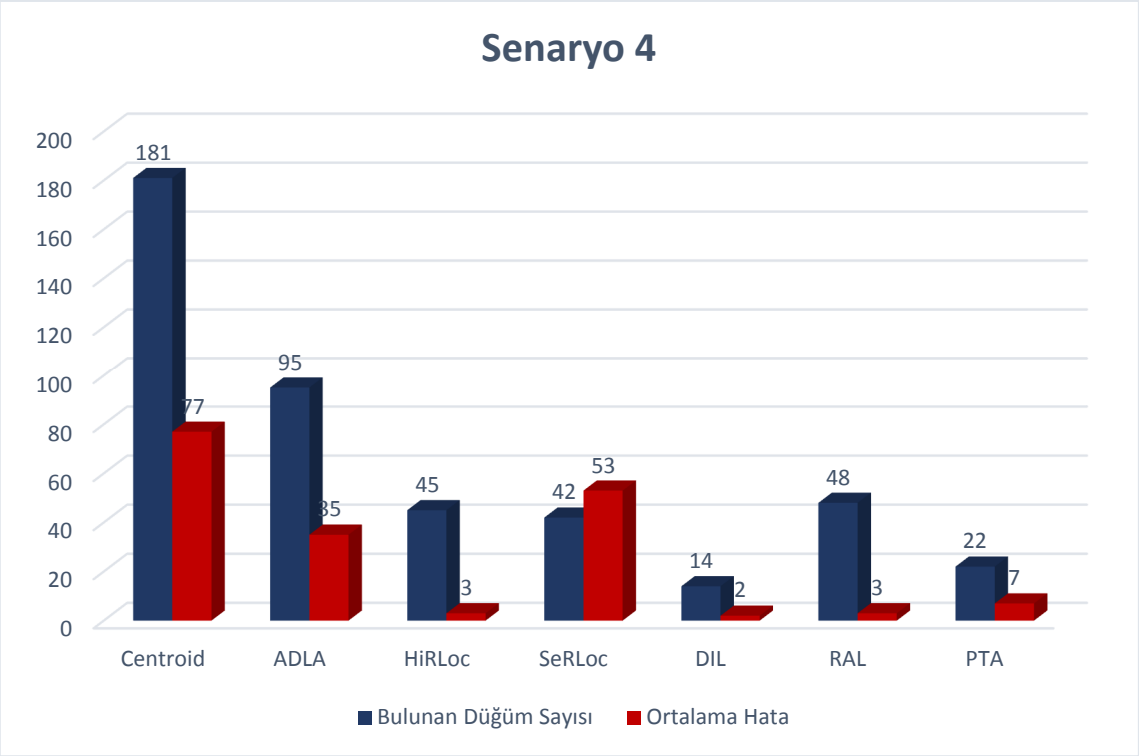
Şekil 5. 3. Senaryo 3 Konumlandırma Algoritmaları

Düzenli dağıtımın kullanıldığı, algılayıcı düğüm sayısının 200 adet, konum belirleyici sayısının 8 adet, işaretçi sayısının 50 adet, konum belirleyici iletişim aralığının 250 m, işaretçi iletişim aralığının 50 m ve konum belirleyicilerden gönderilen sinyallerin ışın genişliğinin 45° olduğu uygulama senaryosu 4 için Centroid, ADLA, HiRLoc, SeRLoc, DIL, RAL ve PTA konumlandırma algoritmaları çıktı verileri Çizelge 5.4'de özetlenmiştir. Uygulama senaryosu 4 için Centroid algoritması benzetim sonuçları EK-D.1'de, ADLA algoritması benzetim sonuçları EK-D.2'de, HiRLoc algoritması benzetim sonuçları EK-D.3'de, SeRLoc algoritması benzetim sonuçları EK-D.4'de, DIL algoritması benzetim sonuçları EK-D.5'de, RAL algoritması benzetim sonuçları EK-D.6'de ve PTA algoritması benzetim sonuçları EK-D.7'de detaylı olarak gösterilmiştir.

Çizelge 5. 4. Senaryo 4 Özet Benzetim Sonuçları

Senaryo 4	Centroid		ADLA	HiRLoc	SeRLoc	DIL	RAL	PTA
Konum Belirleyici Sayısı	2	3		2	2			
Algılayıcı Sayısı	112	69	95	45	42	14	48	22
Ortalama Konumlandırma Hatası (cm)	81	70	35	3	53	2	3	7
Benzetim Süresi	<1ms		<1ms	62ms	62ms	<1ms	<1ms	<1ms
CPU Kullanımı	%4		%3	%12	%11	%6	%2	%1

Uygulama senaryosu 4 ile düzenli olarak yerleştirilen 200 adet algılayıcı düğümden Centroid algoritması kullanılarak iki ve üç konum belirleyici kesişim bölgesinde bulunan toplam 181 adet algılayıcı düğümün konumu 77 cm ortalama konumlandırma hatası ile tahmin edilmiştir. Bu tahmin işlemi 1 ms'den daha kısa sürede gerçekleştirilmiştir. ADLA algoritmasıyla 35 cm ortalama konumlandırma hatasıyla 1 ms'den daha kısa sürede 95 adet algılayıcı düğüm konumu tahmin edilmiştir. HiRLoc algoritması kullanılarak 3 cm ortalama konumlandırma hatasıyla 45 adet algılayıcı düğümün konumu 62 ms benzetim süresinde tahmin edilmiştir. SeRLoc algoritması kullanıldığında 200 adet algılayıcı düğüm için 53 cm ortalama konumlandırma hatası ile 42 adet algılayıcı düğüm konumu 62 ms sürede tahmin edilmiştir. DIL algoritması ile 2 cm ortalama konumlandırma hatası ile 14 adet algılayıcı düğümün konumu 1 ms'den daha kısa sürede tahmin edilmiştir. RAL algoritması 3 cm ortalama konumlandırma hatası ile 48 adet algılayıcı düğümün konum tahminini 1 ms'den daha kısa sürede gerçekleştirmiştir. PTA algoritması ile 1 ms'den kısa sürede 7 cm ortalama konumlandırma hatası ile 22 adet algılayıcı düğüm konumu tahmini yapılmıştır. Uygulama senaryosu 4 için konumlandırma algoritmaları verileri Şekil 5.4'de gösterilmektedir.



Şekil 5. 4. Senaryo 4 Konumlandırma Algoritmaları

BÖLÜM 6

TARTIŞMA

Tez çalışması kapsamında gerçekleştirilen ayrıntılı benzetim çalışmalarında, literatürde kabul görmüş ölçütler esas alınarak, WSN Localization Simulator benzetim ortamında Centroid, ADLA, HiRLoc, SeRLoc, DIL, RAL ve PTA konumlandırma algoritmalarının başarım değerlendirilmesi gerçekleştirilmiştir. 5. Bölüm sonuçları, WSN konumlandırma algoritmalarının algılayıcı düğümlerin konumlarını tespit etmedeki başarımlarının, konum belirleyicilerin dağıtımlarının nasıl yapıldığına ve ağ içerisinde bulunan algılayıcı düğüm sayısına göre değiştiğini göstermektedir. Literatürdeki çalışmalardan elde edilen bilgiler doğrultusunda, gerçekleştirilen benzetim çalışmalarında konumlandırma algoritmalarının başarımları konumları tespit edilen algılayıcı düğüm sayısı ve ortalama konumlandırma hatasına göre belirlenmektedir. Ancak, kablosuz algılayıcı ağlarında düğümlerin batarya ömrünün ağ ömrünü de etkilediği göz önüne alındığında sadece tespit edilen algılayıcı düğüm sayısı ve ortalama konumlandırma hatası değerleri konumlandırma algoritmasının başarılı olduğunu ifade etmek için yeterli değildir. Bu husus göz önüne alındığında, WSN konumlandırma algoritmalarının başarımlarının, doğruluk, enerji kullanımı, hesaplama maliyeti, hafıza kullanımı ve kapsama alanı gibi ölçütler de dikkate alınarak değerlendirilmesi gerekmektedir. Ancak, tez kapsamında gerçekleştirilen tüm benzetim çalışmaları, kullanılan uygulama senaryolarının ortak gereksinimleri de göz önünde bulundurularak genel olarak değerlendirilirse konumlandırma algoritmalarının başarımlarının tespit edilen algılayıcı düğüm sayısı ile doğru, ortalama konumlandırma hatası ile ters orantılı olduğu sonucuna varılabilir.

Kablosuz algılayıcı düğümlerinin ağa etkili bir şekilde yerleştirilmesi, kapsama alanı içinde daha fazla düğüm, daha az enerji ve hafıza kullanımı ve düşük maliyeti beraberinde getirmektedir. Yapılan araştırmalar kablosuz ağlarda gerçekleştirilen veri iletiminin düğümde binlerce işleme denk gelen bir hafıza ve enerji gerektirdiğini ve bunun sonucu ağ maliyetini yükselttiğini göstermektedir. Bu nedenle ağ içerisinde konum belirleyicilerin yerleşiminin kapsama alanı, hafıza kullanımı, enerji tüketimi ve sonuç olarak maliyeti etkileyen önemli bir değişken olduğu uygulama senaryolarında kullanılan rastgele ve düzenli yerleşimle gösterilmektedir.

Benzetim sonuçları genel olarak incelendiğinde, Sayih, Rahma ve Yagoub (2015) çalışmasında bulunduğu gibi, Centroid ve ADLA algoritmalarının en yüksek konumu bilinmeyen algılayıcı düğüm tespit sayısına sahip oldukları görülmektedir. Aynı şekilde, aynı çalışmada en küçük ortalama konumlandırma hatasına sahip algoritmalar bu çalışmada bulunan DIL, RAL ve HiRLoc algoritmaları olmaktadır.

Aynı sayıda algılayıcı düğüme sahip uygulama senaryosu 1 ve uygulama senaryosu 3 incelendiğinde Centroid, ADLA, HiRLoc, SeRLoc ve RAL konumlandırma algoritmalarıyla tespit edilen algılayıcı düğüm sayısının uygulama senaryosu 3'de arttığı gözlemlenmiştir. DIL konumlandırma algoritması yapısı gereği rastgele bir yerleşim gerektirdiği için tespit edilen algılayıcı düğüm sayısı uygulama senaryosu 3'de daha düşük olmuştur. Aynı algılayıcı düğüm sayısına sahip rastgele yerleşim kullanılan uygulama senaryosu 2 ve düzenli yerleşim kullanılan uygulama senaryosu 4 incelendiğinde Centroid, ADLA, HiRLoc, SeRLoc ve RAL konumlandırma algoritmalarının tespit ettiği algılayıcı düğüm sayısının uygulama senaryosu 4'de arttığı gözlemlenmiştir. Bu uygulama senaryolarının incelenmesiyle ADLA algoritmasının düzenli yerleşim kullanılan uygulama senaryosunda tespit edilen düğüm sayısının artmasıyla ortalama konumlandırma hatasının da arttığı saptanmıştır. Etkin bir dağıtık yerleşim gerektiren konumlandırma algoritması olan ADLA algoritması rastgele yerleşimin kullanıldığı uygulama senaryosu 1 ve uygulama senaryosu 3 ile daha düşük konumlandırma hatasıyla algılayıcı düğüm tespiti gerçekleştirmiştir.

Rastgele yerleşim türünün tercih edildiği ve algılayıcı düğüm sayısının 1000 adet ve 200 adet olduğu uygulama senaryosu 1 ve uygulama senaryosu 2 incelendiğinde Centroid, HiRLoc, RAL ve PTA konumlandırma algoritmalarının ortalama

konumlandırma hatasının uygulama senaryosu 2'de arttığı saptanmıştır. Bu iki senaryo için RAL konumlandırma algoritması incelendiğinde, RAL algoritmasının yüksek miktarda algılayıcı düğüm içeren ağlarda daha düşük ortalama konumlandırma hatasıyla algılayıcı düğümlerin konum tespitini gerçekleştirdiği görülmüştür. Düzenli yerleşim türünün tercih edildiği 1000 adet ve 200 adet algılayıcı düğümden oluşan uygulama senaryosu 3 ve uygulama senaryosu 4 incelendiğinde Centroid, ADLA ve SeRLoc konumlandırma algoritmaları uygulama senaryosu 3'de daha düşük ortalama konumlandırma hatalarıyla konum tespiti yapmıştır. Ayrıca HiRLoc, DIL, RAL ve PTA algoritmalarının bu iki uygulama senaryosunda düğüm değişikliğiyle ortalama konumlandırma hatasında değişiklik olmadığı gözlemlenmiştir.

Aynı yerleşim türüne sahip uygulama senaryosu 1 ve uygulama senaryosu 2 incelendiğinde ağda bulunan algılayıcı düğüm sayısında değişimin Centroid, ADLA, DIL, RAL ve PTA konumlandırma algoritmalarında işlemci kullanımını düşürdüğü gözlemlenmiştir. Aynı şekilde uygulama senaryosu 3 ve uygulama senaryosu 4 için işlemci kullanımı incelendiğinde Centroid, ADLA, DIL, RAL ve PTA konumlandırma algoritmalarının 200 adet algılayıcı düğüm ile daha az işlemci kullandığı saptanmıştır.

Kablosuz algılayıcı ağları konumlandırma benzetim ortamında dört farklı uygulama senaryosuyla yapılan inceleme ile düzenli yerleşim ve 1000 adet algılayıcı düğüm ile Centroid algoritmasının, rastgele yerleşim ve 200 adet algılayıcı düğüm ile ADLA algoritmasının, düzenli yerleşim ve 200 adet algılayıcı düğüm ile HiRLoc algoritmasının, düzenli yerleşim ve 1000 adet algılayıcı düğüm ile SeRLoc algoritmasının, rastgele yerleşim ve 200 adet algılayıcı düğüm ile DIL algoritmasının, düzenli yerleşim ve 200 adet algılayıcı düğüm ile RAL algoritmasının, rastgele yerleşim ve 1000 adet algılayıcı düğüm PTA algoritmasının ile yüksek doğrulukla en yüksek oranda algılayıcı konum tespiti yaptığı saptanmıştır.

Yapılan bu tez çalışmasının sonuçlarına bağlı olarak, gelecekte bu çalışma sonuçlarının fiziki ortamda ne kadar tutarlı olduğunun sınanması gerçekleştirilebilir. Uygulama senaryolarında belirtilen değişkenler esas alınarak fiziki bir saha çalışması yapıldığında, benzetim ortamında elde edilen ortalama konumlandırma hatası ve tespit edilen algılayıcı düğüm sayılarının saha çalışması sonuçları ile uyuşması değerlendirilebilir. Öte yandan, tez çalışmasında kullanılan benzetim ortamında

desteklenmeyen, sinyal zayıflamasına ya da kesilmesine yol açabilecek sabit ya da hareketli engeller ve atmosferik emilim gibi bozucu etmenlerin gerçek saha çalışmalarında bulunabileceği ve bu nedenle kullanılacak konumlandırma algoritmalarının gerçek saha çalışmalarında tez çalışmasında elde edilen değerlere göre daha düşük başarım gösterebileceği göz önünde bulundurulmalıdır.

EKLER

Not: Tablolarda Ortalama Hata, $\sqrt{X\ Hata^2 + Y\ Hata^2}$ formülüyle hesaplanmaktadır.

EK-A.1: Senaryo 1 için Centroid Algoritması Benzetim Sonuçları

Kesişen Konum Belirleyici	Düğüm	X Tahmin	Y Tahmin	X Gerçek	Y Gerçek	X Hata (cm)	Y Hata (cm)	Ortalama Hata (cm)
İki	6	125	246	206	275	81	29	86
	12	125	246	257	263	132	17	133
	21	125	246	118	343	7	97	97
	31	125	246	164	343	39	97	104
	35	125	246	158	320	33	74	81
	39	102	131	243	19	141	112	180
	43	102	131	208	13	106	118	158
	44	102	131	133	45	31	86	91
	51	125	246	98	358	27	112	115
	53	125	246	162	407	37	161	165
	65	287	402	280	407	7	5	8
	66	102	131	68	32	34	99	104
	67	125	246	203	284	78	38	86
	73	125	246	252	360	127	114	170
	75	125	246	39	369	86	123	150
	91	125	246	148	331	23	85	88
	92	287	402	295	417	8	15	17
	97	102	131	33	48	69	83	107
	102	102	131	247	13	145	118	186
	106	125	246	175	358	50	112	122
	111	102	131	198	45	96	86	128
	115	488	317	483	393	5	76	76
	118	125	246	134	421	9	175	175
	130	125	246	81	359	44	113	121
	131	287	402	287	446	0	44	44
	132	125	246	273	350	148	104	180
	139	102	131	60	63	42	68	79
	147	102	131	209	53	107	78	132
	157	125	246	167	390	42	144	150
	166	125	246	220	410	95	164	189
	177	125	246	222	336	97	90	132
	179	125	246	222	251	97	5	97

	184	125	246	205	271	80	25	83
	186	102	131	127	40	25	91	94
	190	102	131	217	62	115	69	134
	194	125	246	232	260	107	14	107
	201	125	246	235	241	110	5	110
	203	102	131	206	27	104	104	147
	206	125	246	36	385	89	139	165
	218	488	317	412	380	76	63	98
	251	125	246	150	349	25	103	105
	264	102	131	187	77	85	54	100
	271	102	131	64	31	38	100	106
	272	125	246	172	425	47	179	185
	278	102	131	130	12	28	119	122
	290	125	246	277	322	152	76	169
	292	125	246	246	386	121	140	185
	296	125	246	154	342	29	96	100
	309	125	246	218	288	93	42	102
	311	488	317	399	380	89	63	109
	321	125	246	27	355	98	109	146
	327	125	246	82	344	43	98	107
	330	102	131	164	29	62	102	119
	340	287	402	294	436	7	34	34
	344	125	246	249	392	124	146	191
	350	125	246	193	391	68	145	160
	352	287	402	264	443	23	41	47
	366	102	131	65	43	37	88	95
	367	125	246	121	407	4	161	161
	373	125	246	231	415	106	169	199
	375	102	131	53	21	49	110	120
	382	287	402	269	434	18	32	36
	385	125	246	172	372	47	126	134
	386	102	131	20	9	82	122	146
	406	488	317	506	385	18	68	70
	410	125	246	56	389	69	143	158
	411	488	317	472	388	16	71	72
	413	125	246	256	395	131	149	198
	416	125	246	240	416	115	170	205
	418	102	131	181	57	79	74	108
	419	125	246	114	343	11	97	97
	420	125	246	214	268	89	22	91
	426	102	131	210	13	108	118	159

	429	102	131	223	63	121	68	138
	448	125	246	234	248	109	2	109
	461	125	246	206	338	81	92	122
	464	125	246	265	332	140	86	164
	473	125	246	222	309	97	63	115
	474	125	246	225	344	100	98	140
	475	102	131	181	15	79	116	140
	478	102	131	39	58	63	73	96
	480	125	246	277	345	152	99	181
	484	125	246	87	366	38	120	125
	487	125	246	187	335	62	89	108
	488	102	131	138	41	36	90	96
	494	102	131	51	53	51	78	93
	501	125	246	256	369	131	123	179
	507	125	246	222	290	97	44	106
	509	102	131	205	58	103	73	126
	510	125	246	240	404	115	158	195
	511	102	131	199	31	97	100	139
	516	125	246	38	353	87	107	137
	517	125	246	161	414	36	168	171
	545	102	131	96	61	6	70	70
	552	125	246	103	360	22	114	116
	560	125	246	109	417	16	171	171
	563	125	246	222	408	97	162	188
	564	125	246	297	338	172	92	195
	565	125	246	218	290	93	44	102
	568	102	131	11	70	91	61	109
	570	125	246	99	398	26	152	154
	571	125	246	176	337	51	91	104
	575	102	131	198	55	96	76	122
	580	102	131	176	79	74	52	90
	589	102	131	108	53	6	78	78
	596	102	131	100	46	2	85	85
	598	102	131	182	49	80	82	114
	613	488	317	464	390	24	73	76
	633	125	246	135	367	10	121	121
	634	125	246	154	388	29	142	144
	638	102	131	176	67	74	64	97
	641	125	246	172	330	47	84	96
	643	102	131	140	46	38	85	93
	650	125	246	226	414	101	168	196

	651	125	246	28	378	97	132	163
	655	125	246	17	339	108	93	142
	657	102	131	61	44	41	87	96
	658	125	246	153	324	28	78	82
	666	125	246	67	351	58	105	119
	668	125	246	267	309	142	63	155
	675	125	246	109	343	16	97	98
	678	102	131	115	39	13	92	92
	685	488	317	361	361	127	44	134
	706	102	131	208	40	106	91	139
	710	125	246	201	358	76	112	135
	716	125	246	5	336	120	90	150
	721	102	131	229	48	127	83	151
	722	102	131	188	49	86	82	118
	728	125	246	242	336	117	90	147
	730	125	246	161	334	36	88	95
	731	102	131	151	63	49	68	83
	743	102	131	144	17	42	114	121
	747	125	246	112	357	13	111	111
	771	125	246	187	357	62	111	127
	782	102	131	156	17	54	114	126
	787	125	246	123	405	2	159	159
	789	125	246	287	319	162	73	177
	791	102	131	92	57	10	74	74
	797	125	246	205	349	80	103	130
	799	125	246	239	378	114	132	174
	800	287	402	267	413	20	11	22
	801	335	333	324	369	11	36	37
	809	125	246	259	273	134	27	136
	810	102	131	235	59	133	72	151
	840	102	131	30	31	72	100	123
	842	125	246	242	349	117	103	155
	844	287	402	275	420	12	18	21
	848	102	131	126	46	24	85	88
	855	102	131	233	6	131	125	181
	856	287	402	276	464	11	62	62
	860	125	246	65	380	60	134	146
	861	287	402	248	495	39	93	100
	862	125	246	236	296	111	50	121
	874	102	131	44	39	58	92	108
	881	102	131	192	25	90	106	139

	882	125	246	197	278	72	32	78
	884	287	402	302	411	15	9	17
	887	102	131	11	47	91	84	123
	893	125	246	265	365	140	119	183
	895	102	131	12	63	90	68	112
	903	102	131	133	57	31	74	80
	905	125	246	98	339	27	93	96
	910	125	246	44	358	81	112	138
	915	125	246	225	314	100	68	120
	916	125	246	147	355	22	109	111
	917	102	131	175	51	73	80	108
	918	125	246	111	335	14	89	90
	942	102	131	106	59	4	72	72
	946	102	131	61	62	41	69	80
	954	102	131	24	52	78	79	111
	955	125	246	158	394	33	148	151
	958	102	131	203	13	101	118	155
	963	125	246	23	347	102	101	143
	964	125	246	228	258	103	12	103
	966	488	317	423	387	65	70	95
	967	125	246	233	371	108	125	165
	968	125	246	218	408	93	162	186
	971	125	246	172	410	47	164	170
	976	125	246	264	282	139	36	143
	983	102	131	13	48	89	83	121
	990	102	131	129	47	27	84	88
	992	125	246	249	407	124	161	203
	997	125	246	230	385	105	139	174
Algılayıcı Sayısı =183				Ortalama Konumlandırma Hatası =122 cm				

Üç	0	483	256	569	363	86	107	137
	1	94	192	162	143	68	49	83
	5	483	256	427	325	56	69	88
	22	375	152	316	221	59	69	90
	23	226	132	231	76	5	56	56
	24	375	152	349	286	26	134	136
	27	94	192	176	249	82	57	99
	28	94	192	125	171	31	21	37
	36	94	192	27	232	67	40	78
	40	94	192	61	271	33	79	85
	48	94	192	25	294	69	102	123

	50	483	256	396	302	87	46	98
	52	94	192	159	149	65	43	77
	55	94	192	89	205	5	13	13
	58	94	192	212	184	118	8	118
	59	94	192	102	243	8	51	51
	60	483	256	479	379	4	123	123
	63	94	192	76	86	18	106	107
	68	94	192	203	171	109	21	111
	70	94	192	120	313	26	121	123
	71	94	192	86	236	8	44	44
	79	94	192	95	180	1	12	12
	80	94	192	91	67	3	125	125
	81	94	192	109	167	15	25	29
	82	94	192	180	204	86	12	86
	87	94	192	150	129	56	63	84
	94	375	152	301	203	74	51	89
	96	94	192	96	179	2	13	13
	99	94	192	83	293	11	101	101
	100	483	256	441	308	42	52	66
	101	94	192	133	244	39	52	65
	103	94	192	15	221	79	29	84
	104	94	192	11	162	83	30	88
	107	483	256	482	374	1	118	118
	116	94	192	20	224	74	32	80
	119	94	192	119	261	25	69	73
	124	375	152	293	186	82	34	88
	126	94	192	20	329	74	137	155
	128	94	192	143	81	49	111	121
	136	94	192	212	171	118	21	119
	146	94	192	128	130	34	62	70
	153	249	327	283	378	34	51	61
	156	94	192	33	249	61	57	83
	161	94	192	14	299	80	107	133
	162	94	192	130	214	36	22	42
	164	483	256	557	350	74	94	119
	175	94	192	154	300	60	108	123
	176	94	192	68	145	26	47	53
	180	94	192	165	195	71	3	71
	188	483	256	477	365	6	109	109
	189	483	256	534	348	51	92	105
	191	94	192	99	182	5	10	11

	198	94	192	148	180	54	12	55
	199	94	192	197	259	103	67	122
	202	483	256	437	358	46	102	111
	204	94	192	171	232	77	40	86
	207	94	192	62	94	32	98	103
	208	94	192	118	222	24	30	38
	210	483	256	392	340	91	84	123
	216	94	192	207	233	113	41	120
	217	483	256	484	329	1	73	73
	222	483	256	394	364	89	108	139
	224	94	192	83	197	11	5	12
	233	483	256	493	330	10	74	74
	240	94	192	90	307	4	115	115
	244	483	256	364	347	119	91	149
	249	94	192	133	190	39	2	39
	253	94	192	9	233	85	41	94
	265	94	192	182	244	88	52	102
	268	94	192	190	101	96	91	132
	269	94	192	153	230	59	38	70
	274	94	192	115	210	21	18	27
	275	483	256	417	309	66	53	84
	283	94	192	150	278	56	86	102
	284	483	256	462	365	21	109	111
	285	94	192	36	189	58	3	58
	286	94	192	55	73	39	119	125
	301	94	192	117	270	23	78	81
	302	94	192	198	197	104	5	104
	303	249	327	287	358	38	31	49
	304	94	192	185	93	91	99	134
	305	94	192	181	149	87	43	97
	307	94	192	86	142	8	50	50
	308	94	192	102	104	8	88	88
	313	94	192	56	238	38	46	59
	316	94	192	97	299	3	107	107
	317	226	132	226	98	0	34	34
	323	94	192	144	145	50	47	68
	328	375	152	355	256	20	104	105
	331	94	192	65	79	29	113	116
	333	94	192	70	270	24	78	81
	337	94	192	179	148	85	44	95
	355	483	256	456	314	27	58	63

	357	94	192	55	243	39	51	64
	363	94	192	44	320	50	128	137
	368	94	192	98	217	4	25	25
	369	483	256	473	345	10	89	89
	376	94	192	141	190	47	2	47
	379	94	192	86	283	8	91	91
	388	94	192	131	275	37	83	90
	392	94	192	22	198	72	6	72
	395	94	192	69	200	25	8	26
	396	94	192	155	153	61	39	72
	399	94	192	65	75	29	117	120
	402	94	192	22	207	72	15	73
	403	94	192	8	124	86	68	109
	407	94	192	8	256	86	64	107
	414	94	192	77	236	17	44	47
	424	94	192	164	217	70	25	74
	428	94	192	71	136	23	56	60
	435	94	192	104	126	10	66	66
	437	483	256	422	313	61	57	83
	441	249	327	273	383	24	56	60
	450	94	192	143	221	49	29	56
	453	94	192	141	113	47	79	91
	454	94	192	171	244	77	52	92
	460	94	192	81	181	13	11	17
	466	94	192	68	141	26	51	57
	468	94	192	97	318	3	126	126
	471	94	192	65	152	29	40	49
	481	483	256	438	354	45	98	107
	482	94	192	159	283	65	91	111
	483	94	192	20	224	74	32	80
	492	94	192	187	93	93	99	135
	493	94	192	74	145	20	47	51
	499	94	192	11	120	83	72	109
	503	94	192	79	162	15	30	33
	506	94	192	130	190	36	2	36
	519	94	192	34	113	60	79	99
	534	94	192	51	319	43	127	134
	537	94	192	40	314	54	122	133
	544	483	256	495	382	12	126	126
	548	94	192	130	254	36	62	71
	550	94	192	17	154	77	38	85

	551	94	192	133	213	39	21	44
	558	94	192	56	68	38	124	129
	567	483	256	445	376	38	120	125
	572	94	192	110	187	16	5	16
	573	94	192	206	212	112	20	113
	574	94	192	117	161	23	31	38
	577	94	192	209	129	115	63	131
	583	483	256	499	354	16	98	99
	586	483	256	472	346	11	90	90
	592	94	192	176	148	82	44	93
	593	483	256	400	368	83	112	139
	595	94	192	77	84	17	108	109
	600	249	327	285	364	36	37	51
	603	94	192	168	113	74	79	108
	610	94	192	180	92	86	100	131
	612	94	192	61	95	33	97	102
	615	94	192	75	216	19	24	30
	622	483	256	452	326	31	70	76
	626	94	192	101	113	7	79	79
	630	375	152	334	293	41	141	146
	631	94	192	136	221	42	29	51
	639	94	192	57	260	37	68	77
	644	94	192	64	154	30	38	48
	647	94	192	207	236	113	44	121
	648	94	192	150	244	56	52	76
	649	94	192	10	230	84	38	92
	652	94	192	23	260	71	68	98
	653	94	192	52	97	42	95	103
	656	94	192	26	208	68	16	69
	659	249	327	266	401	17	74	75
	660	94	192	70	82	24	110	112
	662	375	152	338	250	37	98	104
	663	94	192	142	298	48	106	116
	669	375	152	343	251	32	99	104
	672	94	192	155	275	61	83	103
	674	94	192	199	150	105	42	113
	676	94	192	6	138	88	54	103
	677	94	192	187	129	93	63	112
	679	94	192	80	300	14	108	108
	680	94	192	148	280	54	88	103
	683	375	152	308	202	67	50	83

	684	94	192	169	97	75	95	121
	688	483	256	402	292	81	36	88
	691	94	192	131	194	37	2	37
	697	94	192	132	235	38	43	57
	701	94	192	35	90	59	102	117
	705	249	327	318	343	69	16	70
	708	94	192	180	98	86	94	127
	711	94	192	23	226	71	34	78
	715	249	327	313	378	64	51	81
	717	94	192	49	111	45	81	92
	723	94	192	25	204	69	12	70
	725	94	192	82	184	12	8	14
	737	94	192	160	278	66	86	108
	739	94	192	64	195	30	3	30
	742	94	192	129	106	35	86	92
	746	94	192	201	150	107	42	114
	749	94	192	210	259	116	67	133
	751	94	192	229	210	135	18	136
	755	94	192	22	248	72	56	91
	757	94	192	138	226	44	34	55
	780	483	256	568	356	85	100	131
	788	94	192	178	88	84	104	133
	796	94	192	22	244	72	52	88
	798	94	192	165	115	71	77	104
	802	483	256	466	367	17	111	112
	811	94	192	111	179	17	13	21
	812	483	256	550	354	67	98	118
	813	94	192	126	203	32	11	33
	814	94	192	130	293	36	101	107
	818	94	192	214	245	120	53	131
	821	94	192	90	316	4	124	124
	827	94	192	182	190	88	2	88
	834	483	256	421	339	62	83	103
	836	94	192	92	250	2	58	58
	837	94	192	77	316	17	124	125
	845	94	192	140	79	46	113	122
	850	249	327	298	387	49	60	77
	854	483	256	448	380	35	124	128
	857	94	192	57	230	37	38	53
	858	483	256	352	353	131	97	163
	867	94	192	211	171	117	21	118

	869	94	192	201	179	107	13	107
	878	94	192	180	268	86	76	114
	880	483	256	427	363	56	107	120
	886	94	192	190	175	96	17	97
	888	483	256	368	355	115	99	151
	896	94	192	52	165	42	27	49
	901	94	192	189	159	95	33	100
	902	94	192	149	120	55	72	90
	907	94	192	91	124	3	68	68
	909	94	192	61	266	33	74	81
	912	483	256	443	374	40	118	124
	914	483	256	422	379	61	123	137
	921	483	256	430	313	53	57	77
	923	94	192	90	163	4	29	29
	924	94	192	94	198	0	6	6
	931	94	192	219	127	125	65	140
	935	94	192	29	72	65	120	136
	937	483	256	515	379	32	123	127
	952	94	192	192	219	98	27	101
	959	94	192	37	255	57	63	84
	974	94	192	73	236	21	44	48
	981	94	192	107	294	13	102	102
	985	94	192	105	308	11	116	116
	988	483	256	448	349	35	93	99
Algılayıcı Sayısı = 240				Ortalama Konumlandırma Hatası =88 cm				

Dört	8	505	102	523	6	18	96	97
	13	405	236	374	314	31	78	83
	14	300	193	275	189	25	4	25
	15	504	215	457	296	47	81	93
	17	306	281	316	331	10	50	50
	19	505	102	558	132	53	30	60
	20	505	102	450	168	55	66	85
	25	505	102	508	169	3	67	67
	29	505	102	479	45	26	57	62
	30	188	178	231	189	43	11	44
	32	505	102	538	99	33	3	33
	42	300	193	278	253	22	60	63
	47	505	102	493	226	12	124	124
	64	405	236	341	301	64	65	91
	72	505	102	539	21	34	81	87

	76	188	178	224	143	36	35	50
	78	505	102	558	144	53	42	67
	84	300	193	265	240	35	47	58
	85	406	123	316	28	90	95	130
	90	300	193	294	240	6	47	47
	108	504	215	504	299	0	84	84
	110	505	102	576	227	71	125	143
	113	505	102	513	185	8	83	83
	114	505	102	534	94	29	8	30
	121	505	102	485	117	20	15	25
	127	406	123	324	181	82	58	100
	135	406	123	279	44	127	79	149
	137	505	102	436	16	69	86	110
	141	504	215	489	306	15	91	92
	144	505	102	501	209	4	107	107
	145	505	102	398	46	107	56	120
	149	505	102	434	174	71	72	101
	151	300	193	313	318	13	125	125
	152	505	102	504	78	1	24	24
	155	505	102	435	67	70	35	78
	160	505	102	548	196	43	94	103
	163	505	102	499	69	6	33	33
	165	300	193	315	315	15	122	122
	168	505	102	501	133	4	31	31
	170	406	123	294	5	112	118	162
	171	406	123	317	177	89	54	104
	172	405	236	373	301	32	65	72
	174	504	215	555	331	51	116	126
	181	505	102	436	114	69	12	70
	182	505	102	576	86	71	16	72
	183	505	102	433	150	72	48	86
	185	504	215	505	313	1	98	98
	193	406	123	281	61	125	62	139
	196	505	102	503	128	2	26	26
	197	406	123	313	79	93	44	102
	205	505	102	470	110	35	8	35
	209	505	102	471	13	34	89	95
	223	505	102	484	80	21	22	30
	226	406	123	305	172	101	49	112
	227	505	102	470	100	35	2	35
	230	505	102	553	201	48	99	110

	231	300	193	299	242	1	49	49
	232	505	102	429	174	76	72	104
	235	300	193	270	257	30	64	70
	236	505	102	481	50	24	52	57
	237	188	178	229	128	41	50	64
	241	505	102	487	91	18	11	21
	243	505	102	559	22	54	80	96
	245	505	102	435	94	70	8	70
	247	505	102	447	137	58	35	67
	248	505	102	538	196	33	94	99
	250	505	102	485	117	20	15	25
	254	504	215	539	306	35	91	97
	258	406	123	312	187	94	64	113
	261	505	102	576	130	71	28	76
	262	505	102	425	157	80	55	97
	276	505	102	467	185	38	83	91
	277	505	102	577	14	72	88	113
	279	504	215	536	327	32	112	116
	294	505	102	485	47	20	55	58
	299	505	102	455	208	50	106	117
	300	406	123	319	160	87	37	94
	322	505	102	450	236	55	134	144
	324	406	123	293	163	113	40	119
	326	505	102	545	133	40	31	50
	329	300	193	311	315	11	122	122
	338	505	102	500	15	5	87	87
	341	505	102	547	144	42	42	59
	342	406	123	283	106	123	17	124
	347	505	102	451	103	54	1	54
	351	405	236	384	287	21	51	55
	353	405	236	362	331	43	95	104
	356	406	123	314	6	92	117	148
	359	405	236	383	299	22	63	66
	364	406	123	317	65	89	58	106
	371	504	215	566	301	62	86	106
	374	505	102	528	173	23	71	74
	377	289	135	247	74	42	61	74
	380	505	102	445	16	60	86	104
	383	300	193	283	248	17	55	57
	384	505	102	465	173	40	71	81
	387	504	215	573	323	69	108	128

	389	505	102	532	224	27	122	124
	390	406	123	307	155	99	32	104
	397	504	215	512	293	8	78	78
	398	505	102	442	84	63	18	65
	401	504	215	568	314	64	99	117
	405	505	102	529	78	24	24	33
	409	505	102	461	52	44	50	66
	415	505	102	492	40	13	62	63
	417	504	215	536	318	32	103	107
	423	300	193	292	287	8	94	94
	430	505	102	550	142	45	40	60
	433	505	102	424	51	81	51	95
	434	505	102	464	219	41	117	123
	444	505	102	429	91	76	11	76
	445	406	123	281	34	125	89	153
	446	505	102	419	46	86	56	102
	447	505	102	405	58	100	44	109
	449	505	102	503	169	2	67	67
	455	289	135	242	77	47	58	74
	457	505	102	404	31	101	71	123
	458	505	102	462	204	43	102	110
	459	505	102	407	17	98	85	129
	462	505	102	538	66	33	36	48
	463	300	193	298	313	2	120	120
	467	505	102	578	8	73	94	119
	469	406	123	286	129	120	6	120
	472	505	102	436	184	69	82	107
	479	505	102	545	65	40	37	54
	485	505	102	516	108	11	6	12
	489	504	215	513	312	9	97	97
	495	505	102	548	35	43	67	79
	497	505	102	443	35	62	67	91
	498	505	102	436	236	69	134	150
	502	505	102	439	63	66	39	76
	504	300	193	307	293	7	100	100
	513	300	193	314	276	14	83	84
	518	300	193	289	272	11	79	79
	521	504	215	431	283	73	68	99
	523	505	102	487	164	18	62	64
	524	505	102	577	120	72	18	74
	527	504	215	471	295	33	80	86

	530	405	236	333	326	72	90	115
	533	504	215	541	296	37	81	89
	536	505	102	519	79	14	23	26
	540	505	102	575	128	70	26	74
	541	300	193	304	256	4	63	63
	543	505	102	407	82	98	20	100
	554	505	102	493	120	12	18	21
	556	505	102	440	90	65	12	66
	557	505	102	540	181	35	79	86
	559	405	236	361	319	44	83	93
	566	505	102	552	53	47	49	67
	576	505	102	496	140	9	38	39
	579	505	102	555	125	50	23	55
	581	289	135	258	117	31	18	35
	587	300	193	254	231	46	38	59
	588	406	123	284	41	122	82	146
	594	504	215	427	282	77	67	102
	597	505	102	391	16	114	86	142
	599	505	102	455	105	50	3	50
	602	505	102	564	200	59	98	114
	609	504	215	532	307	28	92	96
	614	505	102	567	221	62	119	134
	618	504	215	572	320	68	105	125
	623	300	193	275	163	25	30	39
	624	300	193	259	193	41	0	41
	627	505	102	514	173	9	71	71
	628	505	102	439	72	66	30	72
	632	505	102	465	187	40	85	93
	642	505	102	555	29	50	73	88
	646	505	102	423	234	82	132	155
	670	505	102	559	35	54	67	86
	673	505	102	477	183	28	81	85
	681	300	193	314	255	14	62	63
	682	406	123	289	99	117	24	119
	687	505	102	459	33	46	69	82
	689	505	102	414	38	91	64	111
	695	505	102	424	209	81	107	134
	696	294	109	262	17	32	92	97
	699	406	123	319	47	87	76	115
	700	505	102	572	238	67	136	151
	702	405	236	383	269	22	33	39

	704	289	135	271	142	18	7	19
	707	505	102	532	189	27	87	91
	709	300	193	299	304	1	111	111
	712	289	135	261	125	28	10	29
	714	505	102	443	189	62	87	106
	718	505	102	490	34	15	68	69
	727	505	102	430	169	75	67	100
	735	406	123	296	135	110	12	110
	736	406	123	277	32	129	91	157
	745	505	102	458	117	47	15	49
	753	505	102	504	222	1	120	120
	756	406	123	308	190	98	67	118
	758	505	102	429	195	76	93	120
	760	405	236	344	330	61	94	112
	761	505	102	483	123	22	21	30
	762	505	102	537	158	32	56	64
	763	505	102	526	108	21	6	21
	764	504	215	502	319	2	104	104
	765	505	102	554	7	49	95	106
	766	405	236	345	329	60	93	110
	768	300	193	269	265	31	72	78
	769	406	123	308	177	98	54	111
	772	505	102	427	176	78	74	107
	775	505	102	541	111	36	9	37
	778	406	123	281	91	125	32	129
	785	505	102	558	132	53	30	60
	786	504	215	484	302	20	87	89
	794	505	102	421	57	84	45	95
	805	406	123	303	173	103	50	114
	808	300	193	302	241	2	48	48
	815	406	123	283	52	123	71	142
	824	505	102	574	155	69	53	87
	829	505	102	433	76	72	26	76
	835	505	102	405	35	100	67	120
	838	504	215	554	315	50	100	111
	846	505	102	415	89	90	13	90
	847	300	193	289	211	11	18	21
	849	505	102	549	84	44	18	47
	866	405	236	374	319	31	83	88
	870	505	102	568	17	63	85	105
	875	504	215	459	292	45	77	89

	879	505	102	551	23	46	79	91
	885	504	215	473	304	31	89	94
	889	406	123	316	94	90	29	94
	894	300	193	322	300	22	107	109
	898	505	102	406	27	99	75	124
	908	505	102	441	224	64	122	137
	913	406	123	285	13	121	110	163
	922	188	178	234	202	46	24	51
	925	406	123	314	151	92	28	96
	927	505	102	467	110	38	8	38
	928	300	193	278	197	22	4	22
	929	300	193	311	291	11	98	98
	930	505	102	426	113	79	11	79
	932	405	236	339	306	66	70	96
	933	188	178	228	158	40	20	44
	934	406	123	284	37	122	86	149
	936	505	102	443	203	62	101	118
	939	406	123	324	207	82	84	117
	941	505	102	500	192	5	90	90
	944	505	102	501	54	4	48	48
	947	505	102	573	217	68	115	133
	951	505	102	474	53	31	49	57
	953	300	193	301	302	1	109	109
	956	505	102	471	81	34	21	39
	957	504	215	575	291	71	76	104
	960	505	102	538	38	33	64	72
	961	300	193	251	209	49	16	51
	962	289	135	263	122	26	13	29
	965	505	102	426	228	79	126	148
	978	300	193	250	228	50	35	61
	984	505	102	435	158	70	56	89
	986	505	102	571	156	66	54	85
	989	405	236	328	309	77	73	106
	993	505	102	565	109	60	7	60
Algılayıcı Sayısı = 254				Ortalama Konumlandırma Hatası =86 cm				

Beş	2	438	117	332	24	106	93	141
	10	503	179	480	275	23	96	98
	16	503	179	510	279	7	100	100
	18	438	117	379	163	59	46	74
	37	503	179	572	275	69	96	118

	45	246	171	242	180	4	9	9
	49	438	117	417	195	21	78	80
	69	438	117	388	110	50	7	50
	88	438	117	333	90	105	27	108
	89	503	179	561	259	58	80	98
	95	438	117	331	46	107	71	128
	109	503	179	467	277	36	98	104
	112	503	179	510	247	7	68	68
	123	503	179	454	259	49	80	93
	138	438	117	342	68	96	49	107
	140	438	117	395	214	43	97	106
	143	438	117	414	220	24	103	105
	154	503	179	503	285	0	106	106
	159	503	179	513	257	10	78	78
	220	438	117	365	235	73	118	138
	228	503	179	504	287	1	108	108
	234	503	179	517	257	14	78	79
	252	503	179	525	247	22	68	71
	257	438	117	362	203	76	86	114
	263	438	117	347	12	91	105	138
	270	503	179	494	283	9	104	104
	293	438	117	379	190	59	73	93
	295	438	117	416	167	22	50	54
	298	246	171	242	168	4	3	5
	314	438	117	331	95	107	22	109
	315	246	171	243	215	3	44	44
	318	246	171	240	171	6	0	6
	319	438	117	344	32	94	85	126
	325	438	117	400	121	38	4	38
	336	438	117	350	172	88	55	103
	339	503	179	546	283	43	104	112
	360	331	116	261	107	70	9	70
	391	438	117	401	121	37	4	37
	394	438	117	379	41	59	76	96
	436	438	117	388	83	50	34	60
	439	438	117	334	130	104	13	104
	443	438	117	414	211	24	94	97
	456	438	117	394	78	44	39	58
	470	503	179	411	269	92	90	128
	486	503	179	517	247	14	68	69
	496	438	117	383	200	55	83	99

	514	438	117	407	141	31	24	39
	528	438	117	361	208	77	91	119
	531	438	117	350	144	88	27	92
	542	438	117	376	43	62	74	96
	546	438	117	325	71	113	46	122
	547	438	117	369	229	69	112	131
	549	503	179	497	287	6	108	108
	561	438	117	408	195	30	78	83
	584	246	171	233	122	13	49	50
	591	438	117	334	115	104	2	104
	605	503	179	436	274	67	95	116
	607	438	117	371	169	67	52	84
	608	438	117	331	126	107	9	107
	620	503	179	574	257	71	78	105
	625	331	116	266	45	65	71	96
	640	503	179	408	266	95	87	128
	654	438	117	362	38	76	79	109
	664	438	117	371	81	67	36	76
	671	331	116	267	26	64	90	110
	703	438	117	363	14	75	103	127
	719	438	117	409	246	29	129	132
	729	438	117	416	229	22	112	114
	748	438	117	330	151	108	34	113
	750	246	171	258	169	12	2	12
	754	438	117	411	120	27	3	27
	759	503	179	520	284	17	105	106
	779	331	116	273	42	58	74	94
	781	438	117	321	61	117	56	129
	784	246	171	253	188	7	17	18
	795	246	171	235	160	11	11	15
	804	438	117	361	73	77	44	88
	807	331	116	272	37	59	79	98
	822	438	117	338	47	100	70	122
	823	438	117	362	89	76	28	80
	828	438	117	346	122	92	5	92
	831	438	117	347	41	91	76	118
	832	438	117	376	230	62	113	128
	851	246	171	256	190	10	19	21
	852	438	117	344	46	94	71	117
	853	438	117	393	162	45	45	63
	868	438	117	357	22	81	95	124

	872	246	171	231	127	15	44	46
	890	503	179	513	270	10	91	91
	897	438	117	348	160	90	43	99
	920	438	117	356	190	82	73	109
	940	438	117	324	102	114	15	114
	943	438	117	375	175	63	58	85
	948	503	179	569	271	66	92	113
	970	438	117	343	45	95	72	119
	979	438	117	374	58	64	59	87
	994	503	179	483	253	20	74	76
Algılayıcı Sayısı =97				Ortalama Konumlandırma Hatası =90 cm				

Altı	215	448	179	404	260	44	81	92
Algılayıcı Sayısı =1				Ortalama Konumlandırma Hatası =92 cm				

Benzetim Süresi =15 ms

EK-A.2: Senaryo 1 için ADLA Algoritması Benzetim Sonuçları

Düğüm	X Tahmin	Y Tahmin	X Gerçek	Y Gerçek	X Hata (cm)	Y Hata (cm)	Ortalama Hata (cm)
2	339	31	327	40	12	9	15
3	323	472	340	490	17	18	24
4	532	48	550	77	18	29	34
6	414	217	391	176	23	41	47
7	428	294	366	326	62	32	69
10	330	281	288	198	42	83	93
12	336	28	299	66	37	38	53
13	287	500	301	516	14	16	21
15	462	339	386	378	76	39	85
16	216	448	212	452	4	4	5
17	464	341	472	335	8	6	10
19	190	414	195	411	5	2	5
20	412	163	470	130	58	33	66
21	431	204	417	183	14	21	25
24	397	253	427	221	30	32	43
26	344	38	355	29	11	9	14
29	393	249	407	238	14	11	17
31	451	324	464	314	13	10	16
33	247	489	298	435	51	54	74
34	279	506	299	529	20	23	30
39	184	407	202	391	18	16	24
40	339	178	346	172	7	6	9
41	156	370	142	379	14	9	16
44	380	84	415	66	35	18	39
45	441	312	438	315	3	3	4
46	343	457	354	469	11	12	16
49	456	330	501	285	45	45	63
50	158	372	156	374	2	2	2
52	246	488	187	521	59	33	67
56	310	482	340	511	30	29	41
57	414	166	494	126	80	40	89
65	439	309	471	280	32	29	43
67	250	493	276	471	26	22	34
68	396	253	371	269	25	16	29
69	248	285	232	266	16	19	24
70	249	491	240	499	9	8	12
71	343	457	332	439	11	18	21
75	467	176	482	191	15	15	21

79	241	480	287	432	46	48	66
80	459	334	404	366	55	32	63
84	283	503	287	510	4	7	8
85	345	455	347	459	2	4	4
86	435	303	401	325	34	22	40
87	366	214	371	211	5	3	5
90	255	280	290	343	35	63	72
94	364	211	356	217	8	6	10
99	431	299	437	295	6	4	7
102	252	496	231	511	21	15	25
103	377	228	387	220	10	8	12
106	543	40	559	65	16	25	29
108	205	318	231	368	26	50	56
109	210	314	221	329	11	15	18
112	406	119	391	134	15	15	21
113	503	71	496	61	7	10	12
115	200	322	226	374	26	52	58
119	488	160	491	164	3	4	5
123	232	469	225	475	7	6	9
124	172	391	157	401	15	10	18
126	350	45	319	75	31	30	43
127	271	267	314	354	43	87	97
132	206	435	246	391	40	44	59
133	457	106	459	108	2	2	2
134	520	58	496	33	24	25	34
135	358	56	324	93	34	37	50
136	512	64	492	43	20	21	29
141	518	59	490	32	28	27	38
142	345	39	343	40	2	1	2
148	250	492	286	458	36	34	49
154	185	333	183	329	2	4	4
155	181	402	205	378	24	24	33
158	423	287	414	294	9	7	11
159	411	219	393	189	18	30	34
160	358	203	337	214	21	11	23
162	499	74	498	72	1	2	2
164	520	305	511	313	9	8	12
165	273	266	253	242	20	24	31
167	260	276	301	359	41	83	92
169	474	244	495	230	21	14	25
173	329	18	281	70	48	52	70
174	294	-27	242	26	52	53	74
175	301	489	306	497	5	8	9

180	475	170	475	172	0	2	2
186	414	129	407	134	7	5	8
190	393	102	376	118	17	16	23
193	227	463	157	497	70	34	77
194	162	378	144	389	18	11	21
196	182	404	166	415	16	11	19
200	402	260	432	229	30	31	43
202	423	287	467	238	44	49	65
204	176	395	167	402	9	7	11
205	243	483	272	458	29	25	38
207	232	297	248	320	16	23	28
209	456	330	383	368	73	38	82
210	373	434	367	426	6	8	10
211	426	292	471	242	45	50	67
214	387	240	369	252	18	12	21
217	390	98	369	119	21	21	29
218	226	462	164	494	62	32	69
221	394	250	382	259	12	9	15
222	180	337	159	315	21	22	30
225	423	210	406	183	17	27	31
228	389	243	360	260	29	17	33
229	458	333	378	373	80	40	89
230	404	225	377	172	27	53	59
231	195	420	181	430	14	10	17
233	531	49	541	63	10	14	17
235	182	336	190	346	8	10	12
240	414	277	431	263	17	14	22
242	416	278	449	245	33	33	46
251	537	45	559	84	22	39	44
252	356	53	400	29	44	24	50
255	471	173	461	158	10	15	18
257	534	47	556	86	22	39	44
258	467	345	440	364	27	19	33
260	164	380	146	391	18	11	21
262	401	260	353	284	48	24	53
263	277	263	217	206	60	57	82
266	436	200	463	226	27	26	37
267	499	277	526	263	27	14	30
268	340	274	308	220	32	54	62
270	462	338	485	319	23	19	29
271	465	343	523	281	58	62	84
274	210	440	220	432	10	8	12
277	303	488	302	488	1	0	1

279	353	49	318	86	35	37	50
280	406	119	394	130	12	11	16
283	255	498	289	467	34	31	46
285	354	198	366	187	12	11	16
286	449	190	436	169	13	21	24
287	442	313	385	344	57	31	64
289	451	189	435	160	16	29	33
292	241	481	189	511	52	30	60
300	458	334	472	323	14	11	17
303	344	271	338	264	6	7	9
304	223	457	217	462	6	5	7
313	277	508	281	514	4	6	7
323	431	298	374	328	57	30	64
324	412	274	389	289	23	15	27
325	196	325	216	359	20	34	39
327	301	-18	241	49	60	67	89
328	368	438	367	437	1	1	1
330	202	320	206	324	4	4	5
334	466	343	445	358	21	15	25
338	236	474	195	499	41	25	48
341	172	390	179	385	7	5	8
345	467	176	468	179	1	3	3
347	83	412	84	412	1	0	1
349	440	309	464	288	24	21	31
350	436	200	458	222	22	22	31
353	219	308	239	340	20	32	37
355	468	346	438	366	30	20	36
358	220	307	181	269	39	38	54
362	535	46	503	15	32	31	44
369	334	278	312	245	22	33	39
370	341	273	323	247	18	26	31
372	369	71	375	66	6	5	7
373	423	288	467	240	44	48	65
374	174	342	179	347	5	5	7
376	273	266	285	281	12	15	19
377	191	329	168	305	23	24	33
380	254	281	208	235	46	46	65
381	427	293	458	263	31	30	43
384	266	271	303	338	37	67	76
385	267	516	276	528	9	12	15
386	540	43	562	82	22	39	44
391	394	104	387	109	7	5	8
392	297	492	306	504	9	12	15

393	447	319	436	327	11	8	13
400	333	24	333	23	0	1	1
404	432	300	470	262	38	38	53
405	484	163	493	173	9	10	13
406	439	198	442	203	3	5	5
408	445	317	449	315	4	2	4
411	195	420	176	433	19	13	23
412	245	486	227	499	18	13	22
413	459	334	474	322	15	12	19
416	255	279	279	316	24	37	44
418	278	507	297	528	19	21	28
420	374	223	379	220	5	3	5
427	200	322	213	340	13	18	22
430	456	331	381	370	75	39	84
433	483	86	489	93	6	7	9
435	210	440	238	413	28	27	38
436	323	472	334	485	11	13	17
437	347	189	345	191	2	2	2
443	383	236	402	218	19	18	26
447	251	493	234	506	17	13	21
452	441	311	454	301	13	10	16
453	335	27	297	66	38	39	54
454	305	-13	280	9	25	22	33
455	332	280	300	226	32	54	62
464	265	272	301	338	36	66	75
466	413	128	409	130	4	2	4
467	220	306	221	306	1	0	1
468	235	295	240	301	5	6	7
475	234	296	267	359	33	63	71
477	171	345	171	344	0	1	1
479	182	404	176	409	6	5	7
481	353	449	351	447	2	2	2
484	266	271	260	262	6	9	10
489	398	229	369	170	29	59	65
493	474	244	507	225	33	19	38
498	553	33	564	48	11	15	18
499	305	-13	265	25	40	38	55
506	246	487	183	521	63	34	71
508	363	442	369	449	6	7	9
509	395	105	386	112	9	7	11
513	359	57	389	39	30	18	34
515	478	249	515	229	37	20	42
516	178	339	157	317	21	22	30

519	138	346	135	349	3	3	4
524	206	435	175	454	31	19	36
527	557	29	536	5	21	24	31
528	193	419	222	390	29	29	41
530	418	170	495	132	77	38	85
531	227	301	199	271	28	30	41
533	464	342	396	379	68	37	77
536	334	25	360	8	26	17	31
538	258	278	214	234	44	44	62
540	359	204	354	208	5	4	6
541	447	114	447	113	0	1	1
544	343	37	391	11	48	26	54
551	172	391	184	381	12	10	15
553	331	280	297	221	34	59	68
556	340	33	356	21	16	12	20
560	452	326	408	353	44	27	51
562	271	268	309	338	38	70	79
563	359	57	330	86	29	29	41
565	293	495	294	497	1	2	2
570	174	342	149	317	25	25	35
571	420	212	416	207	4	5	6
575	319	5	315	7	4	2	4
576	406	118	416	111	10	7	12
580	470	174	487	190	17	16	23
585	270	268	229	226	41	42	58
587	339	31	308	61	31	30	43
589	365	212	339	226	26	14	29
592	247	286	230	266	17	20	26
596	457	222	502	197	45	25	51
597	321	474	322	477	1	3	3
600	333	24	362	5	29	19	34
602	536	46	550	67	14	21	25
603	463	229	490	212	27	17	31
604	362	61	393	43	31	18	35
607	245	287	199	242	46	45	64
612	142	351	134	357	8	6	10
614	454	328	446	334	8	6	10
615	437	306	419	319	18	13	22
617	418	171	464	143	46	28	53
618	470	348	528	286	58	62	84
620	375	432	381	439	6	7	9
621	300	490	336	523	36	33	48
623	538	44	547	56	9	12	15

628	397	254	400	252	3	2	3
630	335	26	328	30	7	4	8
631	347	42	366	29	19	13	23
634	552	33	561	44	9	11	14
635	298	491	317	512	19	21	28
636	220	307	252	372	32	65	72
637	440	309	367	345	73	36	81
638	407	222	382	175	25	47	53
640	403	262	423	245	20	17	26
641	464	341	445	355	19	14	23
642	145	356	137	362	8	6	10
643	159	374	134	388	25	14	28
644	387	241	408	221	21	20	29
645	354	263	335	235	19	28	33
646	235	295	262	340	27	45	52
647	437	306	414	322	23	16	28
652	348	268	324	231	24	37	44
654	420	283	402	296	18	13	22
655	431	204	424	196	7	8	10
656	256	500	289	470	33	30	44
657	343	37	319	58	24	21	31
658	235	473	167	508	68	35	76
662	331	21	293	59	38	38	53
664	572	18	573	18	1	0	1
666	350	45	401	19	51	26	57
668	199	426	193	432	6	6	8
672	401	112	396	115	5	3	5
678	523	308	524	306	1	2	2
681	451	324	398	354	53	30	60
683	393	248	393	249	0	1	1
685	418	282	450	251	32	31	44
688	549	35	534	17	15	18	23
689	501	150	507	157	6	7	9
691	381	233	407	204	26	29	38
692	405	118	409	114	4	4	5
696	196	325	213	351	17	26	31
697	516	139	515	139	1	0	1
698	459	225	502	201	43	24	49
700	330	281	312	255	18	26	31
703	203	320	230	371	27	51	57
704	203	432	217	421	14	11	17
705	243	483	263	467	20	16	25
706	391	99	407	88	16	11	19

707	234	472	172	505	62	33	70
715	249	285	255	292	6	7	9
717	466	344	439	363	27	19	33
718	254	281	244	268	10	13	16
719	262	509	317	452	55	57	79
724	240	479	217	495	23	16	28
727	521	305	514	311	7	6	9
728	557	30	547	17	10	13	16
731	332	22	333	20	1	2	2
732	229	465	210	478	19	13	23
734	223	304	237	324	14	20	24
735	277	263	313	327	36	64	73
738	360	205	349	213	11	8	13
741	469	97	475	106	6	9	10
744	511	65	528	95	17	30	34
745	427	207	430	211	3	4	5
749	469	97	453	82	16	15	21
750	541	42	564	83	23	41	47
752	241	291	234	281	7	10	12
753	470	174	463	164	7	10	12
759	437	306	483	257	46	49	67
762	499	74	503	79	4	5	6
766	391	235	360	172	31	63	70
767	195	421	176	434	19	13	23
769	471	350	462	357	9	7	11
771	425	290	450	268	25	22	33
774	511	143	512	145	1	2	2
775	171	389	135	407	36	18	40
777	236	474	224	484	12	10	15
779	518	137	519	139	1	2	2
780	194	419	210	406	16	13	20
781	188	331	178	318	10	13	16
784	313	-3	286	20	27	23	35
785	440	197	427	178	13	19	23
786	364	64	339	88	25	24	34
787	246	487	236	495	10	8	12
788	217	309	168	264	49	45	66
790	216	310	179	273	37	37	52
793	461	180	455	172	6	8	10
795	410	271	386	287	24	16	28
799	265	272	251	255	14	17	22
800	176	341	158	321	18	20	26
802	314	479	311	476	3	3	4

804	484	258	520	239	36	19	40
808	414	275	359	303	55	28	61
809	235	296	211	269	24	27	36
810	536	325	537	324	1	1	1
814	506	69	490	51	16	18	24
817	209	315	238	372	29	57	63
820	258	277	226	242	32	35	47
821	259	277	248	263	11	14	17
824	352	265	341	251	11	14	17
827	277	263	321	350	44	87	97
831	238	477	285	428	47	49	67
833	316	478	347	506	31	28	41
834	417	169	474	137	57	32	65
842	262	274	229	238	33	36	48
850	296	-25	239	35	57	60	82
855	275	265	277	267	2	2	2
856	383	88	413	72	30	16	34
858	375	78	398	64	23	14	26
859	230	299	244	318	14	19	23
861	543	40	544	41	1	1	1
864	231	468	237	464	6	4	7
865	273	266	298	304	25	38	45
867	537	45	553	70	16	25	29
870	444	315	495	260	51	55	75
871	236	474	197	498	39	24	45
872	214	446	162	474	52	28	59
874	378	82	414	63	36	19	40
875	334	464	326	452	8	12	14
880	512	64	501	50	11	14	17
881	244	485	232	494	12	9	15
882	324	471	330	479	6	8	10
885	231	298	233	299	2	1	2
886	387	240	411	216	24	24	33
890	371	435	378	443	7	8	10
891	470	174	460	159	10	15	18
892	178	339	186	350	8	11	13
893	239	292	218	268	21	24	31
896	443	314	376	349	67	35	75
897	90	406	91	406	1	0	1
905	492	80	483	69	9	11	14
909	338	461	359	481	21	20	29
910	271	267	311	342	40	75	85
913	540	42	531	31	9	11	14

915	463	340	383	381	80	41	89
916	372	221	363	228	9	7	11
917	140	348	127	356	13	8	15
919	335	173	338	172	3	1	3
920	274	265	300	306	26	41	48
921	230	467	230	468	0	1	1
923	477	91	460	74	17	17	24
924	350	46	325	69	25	23	33
925	269	514	275	523	6	9	10
926	421	285	457	249	36	36	50
927	497	75	485	61	12	14	18
929	367	215	385	197	18	18	25
931	348	43	317	73	31	30	43
932	355	52	341	64	14	12	18
933	246	487	292	441	46	46	65
935	398	108	405	103	7	5	8
937	251	494	231	508	20	14	24
938	179	338	148	308	31	30	43
941	333	24	289	72	44	48	65
942	257	279	296	357	39	78	87
943	522	56	540	87	18	31	35
944	355	52	344	60	11	8	13
950	249	491	223	509	26	18	31
951	490	80	483	71	7	9	11
953	273	266	271	262	2	4	4
956	222	305	195	276	27	29	39
957	476	169	471	162	5	7	8
958	365	212	349	222	16	10	18
962	161	376	166	372	5	4	6
963	446	193	431	168	15	25	29
966	231	468	166	502	65	34	73
967	444	315	443	317	1	2	2
969	409	123	408	123	1	0	1
974	246	487	235	496	11	9	14
975	463	340	477	329	14	11	17
976	364	211	372	205	8	6	10
977	531	50	506	24	25	26	36
978	448	320	418	340	30	20	36
980	351	47	315	85	36	38	52
981	309	-8	252	56	57	64	85
983	370	219	384	206	14	13	19
984	439	120	438	118	1	2	2
986	388	241	414	214	26	27	37

989	544	39	548	43	4	4	5
991	520	58	528	69	8	11	13
993	226	461	205	476	21	15	25
996	289	498	304	516	15	18	23
997	357	55	398	33	41	22	46
999	439	198	442	203	3	5	5

Algılayıcı Sayısı =431
Ortalama Konumlandırma Hatası =31 cm
Benzetim Süresi =7 ms

EK-A.3: Senaryo 1 için HiRLoc Algoritması Benzetim Sonuçları

Kesişen Konum Belirleyici	Düğüm	X Tahmin	Y Tahmin	X Gerçek	Y Gerçek	X Hata (cm)	Y Hata (cm)	Ortalama Hata (cm)
İki	123	310	145	309	144	1	1	1
	132	313	130	315	132	2	2	2
	524	290	137	293	140	3	3	4
	792	303	140	303	137	0	3	3
	906	316	150	317	149	1	1	1
	959	315	150	316	150	1	0	1
Algılayıcı Sayısı =6				Ortalama Konumlandırma Hatası =2 cm				

Benzetim Süresi =15 ms

EK-A.4: Senaryo 1 için SeRLoc Algoritması Benzetim Sonuçları

Kesişen Konum Belirleyici	Düğüm	X Tahmin	Y Tahmin	X Gerçek	Y Gerçek	X Hata (cm)	Y Hata (cm)	Ortalama Hata (cm)
İki	6	439	322	467	328	28	6	28
	13	360	289	343	311	17	22	27
	23	439	322	384	332	55	10	55
	26	436	382	406	364	30	18	34
	61	83	278	75	289	8	11	13
	70	364	251	381	238	17	13	21
	73	439	322	385	300	54	22	58
	81	439	322	408	290	31	32	44
	89	439	322	434	320	5	2	5
	99	436	382	446	429	10	47	48
	102	436	382	390	417	46	35	57
	106	436	382	408	412	28	30	41
	138	439	322	504	386	65	64	91
	152	250	235	284	227	34	8	34
	154	83	278	90	271	7	7	9
	158	250	235	204	254	46	19	49
	163	250	235	211	238	39	3	39
	170	439	322	409	324	30	2	30
	200	364	251	357	261	7	10	12
	224	439	322	390	288	49	34	59
	240	250	235	295	212	45	23	50
	242	436	382	398	405	38	23	44
	243	439	322	381	331	58	9	58
	261	436	382	415	437	21	55	58
	299	439	322	437	276	2	46	46
	302	364	251	378	253	14	2	14
	318	436	382	421	399	15	17	22
	328	439	322	418	268	21	54	57
	343	364	251	356	242	8	9	12
	388	439	322	396	266	43	56	70
	395	250	235	239	242	11	7	13
	410	439	322	496	305	57	17	59
	430	250	235	277	230	27	5	27
	442	250	235	284	213	34	22	40
	457	439	322	452	291	13	31	33

	462	436	382	388	412	48	30	56
	477	439	322	432	307	7	15	16
	480	439	322	470	296	31	26	40
	487	364	251	350	219	14	32	34
	522	439	322	429	287	10	35	36
	524	439	322	500	393	61	71	93
	535	83	278	88	263	5	15	15
	554	439	322	439	278	0	44	44
	567	439	322	431	279	8	43	43
	578	439	322	524	357	85	35	91
	595	364	251	361	258	3	7	7
	600	439	322	444	331	5	9	10
	619	439	322	419	303	20	19	27
	646	83	278	92	256	9	22	23
	650	439	322	491	328	52	6	52
	659	436	382	426	418	10	36	37
	684	439	322	408	268	31	54	62
	687	436	382	394	442	42	60	73
	688	439	322	444	293	5	29	29
	699	439	322	492	305	53	17	55
	705	436	382	430	376	6	6	8
	718	439	322	459	311	20	11	22
	738	439	322	468	299	29	23	37
	748	436	382	428	391	8	9	12
	753	439	322	373	327	66	5	66
	764	436	382	391	386	45	4	45
	770	364	251	360	252	4	1	4
	773	436	382	390	401	46	19	49
	787	439	322	467	305	28	17	32
	791	439	322	390	349	49	27	55
	801	439	322	381	297	58	25	63
	802	439	322	512	331	73	9	73
	819	436	382	449	413	13	31	33
	831	439	322	371	318	68	4	68
	847	436	382	398	441	38	59	70
	894	439	322	427	290	12	32	34
	898	439	322	525	366	86	44	96
	908	436	382	417	409	19	27	33
	916	250	235	242	234	8	1	8
	928	439	322	430	311	9	11	14
	932	436	382	391	414	45	32	55
	938	250	235	261	232	11	3	11
	940	436	382	425	432	11	50	51

	975	439	322	511	383	72	61	94
Algılayıcı Sayısı =79				Ortalama Konumlandırma Hatası =40 cm				

Benzetim Süresi =109 ms

EK-A.5: Senaryo 1 için DIL Algoritması Benzetim Sonuçları

Düğüm	X Tahmin	Y Tahmin	X Gerçek	Y Gerçek	X Hata (cm)	Y Hata (cm)	Ortalama Hata (cm)
67	369	141	365	140	4	1	4
88	140	335	141	335	1	0	1
95	389	145	390	141	1	4	4
114	396	155	396	151	0	4	4
145	434	159	434	156	0	3	3
168	449	163	449	161	0	2	2
182	83	286	84	285	1	1	1
183	428	67	430	68	2	1	2
203	164	307	166	308	2	1	2
230	82	285	84	283	2	2	2
252	539	14	546	14	7	0	7
262	458	140	459	138	1	2	2
296	518	26	520	27	2	1	2
306	74	327	76	327	2	0	2
307	466	98	465	99	1	1	1
308	391	136	394	134	3	2	3
322	94	286	96	286	2	0	2
326	516	41	518	44	2	3	3
357	457	174	456	173	1	1	1
361	462	146	462	143	0	3	3
365	355	201	355	200	0	1	1
434	72	290	74	291	2	1	2
442	164	307	166	309	2	2	2
449	61	300	63	299	2	1	2
494	349	201	347	197	2	4	4
523	382	235	372	237	10	2	10
544	534	33	536	34	2	1	2
552	359	312	354	313	5	1	5
561	474	110	472	111	2	1	2
613	432	119	432	118	0	1	1
627	456	140	457	136	1	4	4
678	522	44	524	46	2	2	2
717	495	113	495	112	0	1	1
725	438	138	439	136	1	2	2
726	144	322	145	322	1	0	1
753	465	166	464	164	1	2	2

758	485	58	486	60	1	2	2
788	342	195	340	192	2	3	3
797	530	28	534	31	4	3	5
803	155	298	157	298	2	0	2
870	400	128	393	129	7	1	7
881	352	291	349	292	3	1	3
893	429	130	429	128	0	2	2
923	490	123	489	122	1	1	1
946	383	145	383	142	0	3	3
969	339	182	338	180	1	2	2
992	490	55	491	57	1	2	2

Algılayıcı Sayısı =47
Ortalama Konumlandırma Hatası =2 cm
Benzetim Süresi =<1 ms

EK-A.6: Senaryo 1 için RAL Algoritması Benzetim Sonuçları

Düğüm	X Tahmin	Y Tahmin	X Gerçek	Y Gerçek	X Hata (cm)	Y Hata (cm)	Ortalama Hata (cm)
140	197	5	198	5	1	0	1
175	159	51	164	55	5	4	6
208	169	32	170	31	1	1	1
219	156	27	161	31	5	4	6
256	164	55	167	57	3	2	3
321	199	67	200	66	1	1	1
332	205	11	207	11	2	0	2
377	178	54	179	54	1	0	1
432	204	76	205	76	1	0	1
535	198	17	200	17	2	0	2
564	173	39	174	38	1	1	1
581	194	31	196	32	2	1	2
592	170	51	169	48	1	3	3
663	197	15	200	15	3	0	3
665	185	77	184	75	1	2	2
727	200	44	202	48	2	4	4
772	147	55	147	53	0	2	2
808	153	56	149	51	4	5	6
838	166	22	169	23	3	1	3
875	193	34	194	34	1	0	1
890	192	72	193	71	1	1	1
957	119	21	115	15	4	6	7

Algılayıcı Sayısı =22
Ortalama Konumlandırma Hatası =2 cm
Benzetim Süresi =<1 ms

EK-A.7: Senaryo 1 için PTA Algoritması Benzetim Sonuçları

Düğüm	X Tahmin	Y Tahmin	X Gerçek	Y Gerçek	X Hata (cm)	Y Hata (cm)	Ortalama Hata (cm)
4	337	77	329	69	8	8	11
5	502	138	501	151	1	13	13
7	216	64	213	69	3	5	5
9	267	452	265	465	2	13	13
12	158	41	148	47	10	6	11
15	208	344	200	346	8	2	8
16	161	61	157	62	4	1	4
18	247	442	246	446	1	4	4
24	177	376	188	371	11	5	12
40	373	427	380	429	7	2	7
41	368	367	373	357	5	10	11
46	362	430	364	424	2	6	6
56	539	144	530	147	9	3	9
58	348	213	351	213	3	0	3
62	309	59	306	47	3	12	12
65	190	78	179	72	11	6	12
67	371	215	380	213	9	2	9
71	203	65	204	61	1	4	4
75	208	24	200	22	8	2	8
85	374	21	365	20	9	1	9
90	225	289	220	288	5	1	5
93	371	215	374	226	3	11	11
100	225	289	211	283	14	6	15
103	192	240	183	237	9	3	9
107	309	70	316	75	7	5	8
108	360	217	364	207	4	10	10
111	158	367	157	372	1	5	5
112	173	365	170	362	3	3	4
116	309	70	317	78	8	8	11
117	267	452	275	448	8	4	8
122	230	42	230	38	0	4	4
126	8	377	18	381	10	4	10
128	153	15	157	23	4	8	8
136	365	448	369	456	4	8	8
142	398	300	384	322	14	22	26
144	357	16	361	18	4	2	4

149	320	51	323	53	3	2	3
152	360	217	365	213	5	4	6
154	340	324	360	303	20	21	29
158	345	265	347	267	2	2	2
170	176	21	174	27	2	6	6
171	122	30	124	32	2	2	2
179	239	37	234	39	5	2	5
182	202	360	191	362	11	2	11
187	274	33	295	32	21	1	21
196	489	169	482	162	7	7	9
200	233	274	245	286	12	12	16
205	8	377	22	381	14	4	14
206	327	468	329	478	2	10	10
237	177	21	189	23	12	2	12
245	420	244	426	252	6	8	10
248	380	446	383	450	3	4	5
256	113	204	109	211	4	7	8
257	511	272	514	272	3	0	3
263	386	336	394	322	8	14	16
266	342	428	341	422	1	6	6
269	271	45	279	49	8	4	8
275	319	401	333	481	14	80	81
279	190	89	201	80	11	9	14
281	214	267	219	280	5	13	13
283	371	215	378	207	7	8	10
284	487	280	502	281	15	1	15
288	229	257	225	258	4	1	4
289	449	262	506	183	57	79	97
290	449	262	505	173	56	89	105
297	493	133	492	133	1	0	1
304	226	236	218	238	8	2	8
306	168	2	159	6	9	4	9
309	297	76	293	79	4	3	5
312	201	351	194	343	7	8	10
315	153	15	152	17	1	2	2
318	489	148	483	137	6	11	12
326	493	133	498	150	5	17	17
332	112	28	112	32	0	4	4
340	312	62	322	70	10	8	12
356	502	138	512	148	10	10	14
365	346	229	344	236	2	7	7
370	289	61	305	62	16	1	16
372	233	274	240	293	7	19	20

383	328	0	310	11	18	11	21
392	489	169	490	163	1	6	6
399	201	351	191	343	10	8	12
401	309	59	311	48	2	11	11
403	218	49	226	45	8	4	8
406	381	247	390	248	9	1	9
429	356	318	358	318	2	0	2
432	173	31	168	38	5	7	8
434	362	398	358	407	4	9	9
437	348	277	352	268	4	9	9
447	256	77	253	78	3	1	3
462	214	267	220	275	6	8	10
465	212	42	209	43	3	1	3
475	513	129	513	121	0	8	8
477	345	265	342	271	3	6	6
478	223	264	224	263	1	1	1
492	337	77	337	75	0	2	2
506	5	300	10	293	5	7	8
507	189	250	182	240	7	10	12
508	315	466	312	457	3	9	9
509	83	29	94	34	11	5	12
517	266	430	263	437	3	7	7
523	177	376	183	376	6	0	6
524	248	306	271	328	23	22	31
534	73	264	62	260	11	4	11
542	105	40	115	37	10	3	10
544	420	244	425	257	5	13	13
545	494	251	500	244	6	7	9
558	216	64	216	65	0	1	1
563	355	458	353	474	2	16	16
565	342	428	344	431	2	3	3
568	271	45	279	44	8	1	8
569	158	367	160	375	2	8	8
580	508	197	511	194	3	3	4
581	158	41	163	37	5	4	6
583	142	58	150	58	8	0	8
592	388	191	387	196	1	5	5
595	345	265	345	260	0	5	5
596	414	264	420	258	6	6	8
600	39	341	39	353	0	12	12
601	134	9	126	11	8	2	8
609	228	359	232	356	4	3	5
616	475	329	470	332	5	3	5

621	449	234	458	233	9	1	9
627	242	95	244	91	2	4	4
629	499	153	516	156	17	3	17
633	523	158	529	164	6	6	8
636	375	447	381	450	6	3	6
641	142	33	147	34	5	1	5
644	122	50	123	50	1	0	1
651	511	272	516	268	5	4	6
656	261	335	268	339	7	4	8
668	-1	395	5	397	6	2	6
679	420	244	434	247	14	3	14
684	202	360	202	363	0	3	3
685	375	18	381	19	6	1	6
686	365	291	361	269	4	22	22
687	247	103	238	103	9	0	9
689	405	255	393	248	12	7	13
693	449	234	452	232	3	2	3
700	227	81	217	82	10	1	10
705	361	369	373	373	12	4	12
712	380	446	388	445	8	1	8
720	320	51	312	58	8	7	10
723	177	376	179	381	2	5	5
726	163	11	162	10	1	1	1
727	359	468	356	467	3	1	3
728	380	409	383	412	3	3	4
736	83	29	86	31	3	2	3
747	153	332	152	330	1	2	2
750	225	289	221	286	4	3	5
754	508	197	501	212	7	15	16
755	-4	266	15	271	19	5	19
756	266	430	276	435	10	5	11
758	251	255	249	258	2	3	3
766	39	341	31	344	8	3	8
769	202	381	219	392	17	11	20
779	153	15	146	23	7	8	10
783	266	430	269	438	3	8	8
784	489	169	489	171	0	2	2
785	29	342	30	337	1	5	5
798	108	287	104	295	4	8	8
802	227	305	229	299	2	6	6
808	122	50	130	41	8	9	12
811	83	29	76	34	7	5	8
817	327	468	326	472	1	4	4

828	387	7	392	9	5	2	5
847	182	40	176	36	6	4	7
851	108	287	96	284	12	3	12
854	523	158	524	152	1	6	6
866	170	222	164	227	6	5	7
868	493	133	496	136	3	3	4
869	16	301	16	303	0	2	2
875	190	78	182	84	8	6	10
882	337	77	328	76	9	1	9
883	88	222	87	226	1	4	4
885	348	277	353	268	5	9	10
887	142	58	135	56	7	2	7
891	275	59	282	53	7	6	9
892	114	310	126	303	12	7	13
894	371	215	377	230	6	15	16
906	290	444	286	449	4	5	6
912	228	359	227	358	1	1	1
923	258	72	260	64	2	8	8
928	309	70	314	78	5	8	9
937	173	365	163	362	10	3	10
945	358	360	375	352	17	8	18
954	165	355	151	348	14	7	15
961	190	78	177	78	13	0	13
979	387	7	379	16	8	9	12
984	342	428	342	435	0	7	7
987	499	153	509	167	10	14	17
995	66	250	59	246	7	4	8

Algılayıcı Sayısı =192
Ortalama Konumlandırma Hatası =10 cm
Benzetim Süresi =15 ms

EK-B.1: Senaryo 2 için Centroid Algoritması Benzetim Sonuçları

Kesişen Konum Belirleyici	Düğüm	X Tahmin	Y Tahmin	X Gerçek	Y Gerçek	X Hata (cm)	Y Hata (cm)	Ortalama Hata (cm)
İki	1	258	194	266	45	8	149	149
	4	112	220	87	126	25	94	97
	7	258	194	190	113	68	81	105
	13	395	346	579	268	184	78	199
	16	112	220	16	165	96	55	110
	20	37	371	76	392	39	21	44
	57	395	346	576	213	181	133	224
	60	112	220	7	140	105	80	132
	69	37	371	46	414	9	43	43
	82	37	371	86	476	49	105	115
	88	258	194	188	104	70	90	114
	89	37	371	70	509	33	138	141
	90	37	371	35	522	2	151	151
	93	37	371	5	383	32	12	34
	95	258	194	334	91	76	103	128
	114	479	472	577	454	98	18	99
	117	37	371	5	462	32	91	96
	118	112	220	24	104	88	116	145
	132	37	371	73	498	36	127	132
	146	37	371	14	380	23	9	24
	159	479	472	577	471	98	1	98
	160	337	308	453	134	116	174	209
	163	258	194	273	86	15	108	109
	179	37	371	18	472	19	101	102
	182	37	371	127	497	90	126	154
	193	112	220	17	118	95	102	139
Algılayıcı Sayısı =26				Ortalama Konumlandırma Hatası =118 cm				

Üç	2	133	362	83	401	50	39	63
	15	433	434	510	516	77	82	112
	26	133	362	93	359	40	3	40
	41	191	237	181	131	10	106	106
	48	80	286	49	175	31	111	115
	72	133	362	125	486	8	124	124
	74	80	286	77	274	3	12	12
	78	80	286	96	233	16	53	55
	91	80	286	35	275	45	11	46
	101	433	434	552	458	119	24	121

	128	191	237	185	129	6	108	108
	137	191	237	157	135	34	102	107
	161	80	286	79	200	1	86	86
	165	433	434	552	497	119	63	134
	168	80	286	65	196	15	90	91
	190	80	286	82	285	2	1	2
	199	80	286	12	248	68	38	77
Algılayıcı Sayısı =17				Ortalama Konumlandırma Hatası =82 cm				

Dört	0	364	349	258	489	106	140	175
	10	296	273	327	174	31	99	103
	21	296	273	322	145	26	128	130
	23	364	349	325	341	39	8	39
	25	296	273	329	111	33	162	165
	28	364	349	456	235	92	114	146
	31	296	273	385	124	89	149	173
	35	185	362	165	526	20	164	165
	36	185	362	176	498	9	136	136
	37	185	362	160	436	25	74	78
	39	364	349	402	271	38	78	86
	40	364	349	460	193	96	156	183
	43	364	349	476	186	112	163	197
	44	364	349	348	297	16	52	54
	45	364	349	482	260	118	89	147
	49	364	349	530	268	166	81	184
	51	364	349	441	261	77	88	116
	65	364	349	433	239	69	110	129
	76	296	273	262	129	34	144	147
	81	147	282	111	198	36	84	91
	87	364	349	524	214	160	135	209
	94	296	273	402	129	106	144	178
	99	296	273	332	168	36	105	111
	113	364	349	328	348	36	1	36
	115	406	412	568	397	162	15	162
	119	364	349	464	271	100	78	126
	122	364	349	321	321	43	28	51
	135	364	349	383	258	19	91	92
	136	364	349	505	253	141	96	170
	142	296	273	281	125	15	148	148
	148	185	362	175	483	10	121	121
	150	224	264	150	175	74	89	115
	151	406	412	524	487	118	75	139

	157	224	264	174	167	50	97	109
	162	406	412	519	456	113	44	121
	167	364	349	484	248	120	101	156
	175	364	349	446	283	82	66	105
	184	185	362	149	441	36	79	86
	186	364	349	540	218	176	131	219
	191	364	349	427	217	63	132	146
	196	185	362	201	501	16	139	139
	198	185	362	126	388	59	26	64
Algılayıcı Sayısı =42				Ortalama Konumlandırma Hatası =129 cm				

Beş	3	248	283	231	189	17	94	95
	5	395	384	463	332	68	52	85
	6	395	384	467	296	72	88	113
	9	325	302	353	211	28	91	95
	12	248	283	219	188	29	95	99
	14	395	384	401	485	6	101	101
	17	395	384	392	327	3	57	57
	18	395	384	537	427	142	43	148
	19	395	384	526	354	131	30	134
	22	218	344	191	459	27	115	118
	24	183	295	117	240	66	55	85
	29	395	384	409	417	14	33	35
	30	395	384	439	472	44	88	98
	33	325	302	351	266	26	36	44
	34	395	384	511	376	116	8	116
	38	395	384	448	462	53	78	94
	52	182	312	101	304	81	8	81
	55	236	373	203	484	33	111	115
	58	325	302	341	226	16	76	77
	59	395	384	509	360	114	24	116
	62	395	384	509	420	114	36	119
	67	218	344	144	389	74	45	86
	68	395	384	349	433	46	49	67
	70	395	384	449	322	54	62	82
	71	395	384	545	378	150	6	150
	73	395	384	430	480	35	96	102
	75	395	384	377	348	18	36	40
	79	325	302	356	202	31	100	104
	80	395	384	395	385	0	1	1
	83	395	384	554	298	159	86	180
	85	395	384	463	408	68	24	72

	96	218	344	122	370	96	26	99
	102	395	384	416	467	21	83	85
	103	248	283	180	188	68	95	116
	105	395	384	400	514	5	130	130
	107	218	344	191	368	27	24	36
	108	395	384	391	356	4	28	28
	111	395	384	503	380	108	4	108
	112	395	384	401	336	6	48	48
	116	395	384	361	426	34	42	54
	120	395	384	456	346	61	38	71
	123	395	384	490	295	95	89	130
	124	248	283	218	219	30	64	70
	126	325	302	343	276	18	26	31
	131	248	283	208	255	40	28	48
	134	325	302	378	242	53	60	80
	144	248	283	229	150	19	133	134
	145	395	384	326	423	69	39	79
	152	395	384	436	473	41	89	97
	166	395	384	465	296	70	88	112
	169	395	384	485	314	90	70	114
	173	395	384	422	493	27	109	112
	176	395	384	531	311	136	73	154
	187	395	384	314	392	81	8	81
	192	248	283	213	226	35	57	66
	194	395	384	422	439	27	55	61
	197	182	312	98	334	84	22	86
Algılayıcı Sayısı =57				Ortalama Konumlandırma Hatası =90 cm				

Altı	32	255	356	208	437	47	81	93
	54	255	356	238	470	17	114	115
	98	280	306	246	304	34	2	34
	106	209	306	189	346	20	40	44
	125	255	356	220	398	35	42	54
	127	255	356	242	385	13	29	31
	130	209	306	187	346	22	40	45
	133	209	306	205	277	4	29	29
	141	209	306	168	313	41	7	41
	149	280	306	277	325	3	19	19
	158	255	356	215	407	40	51	64
	172	280	306	236	277	44	29	52
	174	255	356	246	467	9	111	111
	178	209	306	117	283	92	23	94

	180	255	356	250	385	5	29	29
	183	209	306	141	275	68	31	74
	188	255	356	232	479	23	123	125
	195	209	306	158	306	51	0	51
Algılayıcı Sayısı =18				Ortalama Konumlandırma Hatası =61 cm				

Yedi	42	242	322	206	360	36	38	52
	121	242	322	227	316	15	6	16
Algılayıcı Sayısı =2				Ortalama Konumlandırma Hatası =34 cm				

Benzetim Süresi =<1 ms

EK-B.2: Senaryo 2 için ADLA Algoritması Benzetim Sonuçları

Düğüm	X Tahmin	Y Tahmin	X Gerçek	Y Gerçek	X Hata (cm)	Y Hata (cm)	Ortalama Hata (cm)
0	135	96	130	89	5	7	8
9	370	59	392	96	22	37	43
12	375	203	349	220	26	17	31
14	113	432	115	436	2	4	4
16	295	262	298	259	3	3	4
18	101	441	71	392	30	49	57
19	279	241	232	288	47	47	66
20	428	14	422	5	6	9	10
21	85	276	71	255	14	21	25
22	167	72	166	69	1	3	3
23	139	93	145	100	6	7	9
24	165	74	157	63	8	11	13
25	393	227	341	256	52	29	59
26	200	47	198	43	2	4	4
28	126	421	174	467	48	46	66
29	121	249	133	263	12	14	18
34	110	434	142	469	32	35	47
36	397	38	421	75	24	37	44
37	273	234	262	242	11	8	13
38	379	208	378	210	1	2	2
39	142	233	165	255	23	22	31
40	112	432	100	417	12	15	19
41	357	69	336	46	21	23	31
42	117	428	141	455	24	27	36
43	66	290	36	234	30	56	63
45	334	150	357	127	23	23	32
47	420	21	444	58	24	37	44
52	354	176	383	147	29	29	41
53	401	35	439	111	38	76	84
58	63	293	33	239	30	54	61
59	332	310	322	317	10	7	12
62	144	90	160	120	16	30	34
67	411	249	422	241	11	8	13
72	21	325	75	378	54	53	75
76	417	258	449	230	32	28	42
78	180	380	156	335	24	45	51
79	90	272	68	234	22	38	43
83	313	122	313	123	0	1	1

86	26	321	19	313	7	8	10
87	288	252	287	252	1	0	1
89	90	273	114	299	24	26	35
90	376	54	343	20	33	34	47
95	110	116	112	117	2	1	2
97	289	91	286	94	3	3	4
98	36	314	16	284	20	30	36
99	48	305	84	343	36	38	52
100	123	247	105	217	18	30	34
102	346	77	365	109	19	32	37
106	293	259	256	293	37	34	50
111	229	25	253	64	24	39	45
115	265	315	264	315	1	0	1
116	95	268	117	292	22	24	32
117	198	48	226	101	28	53	59
126	338	83	318	61	20	22	29
131	41	310	56	328	15	18	23
132	379	52	384	57	5	5	7
134	48	304	98	352	50	48	69
136	115	430	157	472	42	42	59
137	54	300	54	301	0	1	1
140	95	128	95	127	0	1	1
145	154	400	126	346	28	54	60
146	327	140	314	149	13	9	15
148	168	212	163	206	5	6	7
153	336	315	303	348	33	33	46
157	307	114	314	108	7	6	9
160	22	325	36	343	14	18	22
162	288	253	264	273	24	20	31
164	155	82	134	60	21	22	30
165	153	83	171	116	18	33	37
169	101	264	101	265	0	1	1
170	112	255	89	210	23	45	50
174	418	259	429	251	11	8	13
176	380	51	353	21	27	30	40
184	357	180	390	144	33	36	48
185	210	357	198	338	12	19	22
188	363	187	338	203	25	16	29
189	293	259	307	248	14	11	17
190	353	337	348	340	5	3	5
191	150	403	149	402	1	1	1
193	367	355	352	368	15	13	19
194	419	21	417	17	2	4	4

Algılayıcı Sayısı =81
Ortalama Konumlandırma Hatası =29 cm
Benzetim Süresi =<1 ms

EK-B.3: Senaryo 2 için HiRLoc Algoritması Benzetim Sonuçları

Kesişen Konum Belirleyici	Düğüm	X Tahmin	Y Tahmin	X Gerçek	Y Gerçek	X Hata (cm)	Y Hata (cm)	Ortalama Hata (cm)
İki	0	202	415	172	394	30	21	36
	12	187	406	150	379	37	27	45
	20	133	399	108	369	25	30	39
	23	196	437	208	450	12	13	17
	30	216	180	218	180	2	0	2
	40	181	453	210	489	29	36	46
	51	234	148	239	149	5	1	5
	52	197	428	199	430	2	2	2
	66	126	466	139	499	13	33	35
	68	300	93	301	90	1	3	3
	73	239	154	243	153	4	1	4
	84	266	195	270	195	4	0	4
	91	207	172	209	171	2	1	2
	95	182	452	181	454	1	2	2
	103	169	437	136	399	33	38	50
	108	108	412	90	377	18	35	39
	110	208	112	202	117	6	5	7
	124	300	93	300	91	0	2	2
	126	220	103	237	97	17	6	18
	153	153	468	162	489	9	21	22
	154	218	110	218	112	0	2	2
	170	136	457	126	443	10	14	17
	189	202	89	227	76	25	13	28
	195	168	442	145	417	23	25	33
Algılayıcı Sayısı =24				Ortalama Konumlandırma Hatası =19 cm				

Benzetim Süresi =62 ms

EK-B.4: Senaryo 2 için SeRLoc Algoritması Benzetim Sonuçları

Kesişen Konum Belirleyici	Düğüm	X Tahmin	Y Tahmin	X Gerçek	Y Gerçek	X Hata (cm)	Y Hata (cm)	Ortalama Hata (cm)
İki	61	457	150	432	139	25	11	27
	86	457	150	450	123	7	27	27
	110	110	384	138	317	28	67	72
	116	110	384	54	414	56	30	63
	127	110	384	140	351	30	33	44
	128	110	384	113	391	3	7	7
	138	457	150	477	163	20	13	23
	145	110	384	129	374	19	10	21
	173	457	150	448	145	9	5	10
	179	188	274	189	264	1	10	10
	185	110	384	45	431	65	47	80
	199	457	150	491	128	34	22	40
Algılayıcı Sayısı =12				Ortalama Konumlandırma Hatası =35 cm				

Benzetim Süresi =15 ms

EK-B.5: Senaryo 2 için DIL Algoritması Benzetim Sonuçları

Düğüm	X Tahmin	Y Tahmin	X Gerçek	Y Gerçek	X Hata (cm)	Y Hata (cm)	Ortalama Hata (cm)
6	516	184	517	185	1	1	1
16	107	112	111	115	4	3	5
33	351	359	350	361	1	2	2
73	473	369	475	373	2	4	4
81	364	488	364	487	0	1	1
87	368	363	368	367	0	4	4
107	336	523	334	525	2	2	2
116	300	522	300	525	0	3	3
120	371	341	370	343	1	2	2
122	389	393	387	395	2	2	2
129	75	27	77	29	2	2	2
159	354	517	354	519	0	2	2
163	379	491	380	490	1	1	1
197	529	148	530	150	1	2	2

Algılayıcı Sayısı =14
Ortalama Konumlandırma Hatası =2 cm
Benzetim Süresi =<1 ms

EK-B.6: Senaryo 2 için RAL Algoritması Benzetim Sonuçları

Düğüm	X Tahmin	Y Tahmin	X Gerçek	Y Gerçek	X Hata (cm)	Y Hata (cm)	Ortalama Hata (cm)
2	236	328	249	317	13	11	17
25	283	306	276	314	7	8	10
36	235	370	231	373	4	3	5
52	256	328	250	335	6	7	9
63	202	344	206	340	4	4	5
96	168	399	176	389	8	10	12
97	280	308	268	322	12	14	18
109	218	322	220	320	2	2	2
116	293	289	283	301	10	12	15
168	278	12	281	14	3	2	3
170	49245961	-47555707	202	370	49245759	47556077	33032
178	268	281	275	278	7	3	7
183	233	377	229	380	4	3	5

Algılayıcı Sayısı =13
Ortalama Konumlandırma Hatası =2549 cm
Benzetim Süresi =<1 ms

EK-B.7: Senaryo 2 için PTA Algoritması Benzetim Sonuçları

Düğüm	X Tahmin	Y Tahmin	X Gerçek	Y Gerçek	X Hata (cm)	Y Hata (cm)	Ortalama Hata (cm)
1	363	48	366	51	3	3	4
5	486	274	505	275	19	1	19
6	204	81	196	89	8	8	11
22	174	230	190	230	16	0	16
24	213	101	220	106	7	5	8
29	370	472	366	472	4	0	4
31	378	55	379	59	1	4	4
36	319	457	187	528	132	71	149
38	293	406	293	402	0	4	4
45	478	260	482	255	4	5	6
57	147	238	151	240	4	2	4
65	147	443	150	443	3	0	3
68	186	249	52	374	134	125	183
69	62	411	68	417	6	6	8
71	418	503	432	485	14	18	22
72	418	423	428	407	10	16	18
75	300	450	299	451	1	1	1
80	363	48	369	58	6	10	11
85	225	68	215	70	10	2	10
88	514	294	510	288	4	6	7
93	80	474	76	474	4	0	4
99	97	302	99	297	2	5	5
102	165	204	168	208	3	4	5
103	34	292	26	289	8	3	8
110	34	292	36	290	2	2	2
112	203	219	205	214	2	5	5
114	17	239	15	248	2	9	9
120	205	323	214	310	9	13	15
122	349	142	359	146	10	4	10
123	155	281	153	280	2	1	2
126	406	427	399	432	7	5	8
127	289	413	293	415	4	2	4
128	30	233	27	247	3	14	14
135	249	27	243	30	6	3	6
141	147	229	146	233	1	4	4
142	232	333	236	337	4	4	5
147	132	278	130	293	2	15	15
148	39	349	38	353	1	4	4

149	514	294	506	295	8	1	8
150	82	182	25	215	57	33	65
153	403	333	406	328	3	5	5
155	167	240	169	234	2	6	6
157	446	376	434	383	12	7	13
169	165	204	157	210	8	6	10
174	259	158	196	266	63	108	125
176	416	402	396	418	20	16	25
177	252	197	244	196	8	1	8
181	464	232	444	211	20	21	29
182	347	227	358	242	11	15	18
187	91	428	90	438	1	10	10
193	411	347	92	499	319	152	353
194	501	349	502	362	1	13	13
196	286	435	292	434	6	1	6

Algılayıcı Sayısı =53
Ortalama Konumlandırma Hatası =24 cm
Benzetim Süresi =<1 ms

EK-C.1: Senaryo 3 için Centroid Algoritması Benzetim Sonuçları

Kesişen Konum Belirleyici	Düğüm	X Tahmin	Y Tahmin	X Gerçek	Y Gerçek	X Hata (cm)	Y Hata (cm)	Ortalama Hata (cm)
İki	3	145	145	176	248	31	103	107
	4	520	145	495	140	25	5	25
	5	395	520	369	473	26	47	53
	8	520	395	530	303	10	92	92
	9	145	20	233	66	88	46	99
	10	145	20	236	15	91	5	91
	14	20	145	76	205	56	60	82
	15	395	520	451	527	56	7	56
	16	145	520	255	475	110	45	118
	17	395	520	340	462	55	58	79
	18	520	145	550	265	30	120	123
	20	520	395	526	456	6	61	61
	21	520	395	524	499	4	104	104
	23	20	395	66	371	46	24	51
	25	145	145	179	240	34	95	100
	26	20	145	93	215	73	70	101
	28	395	520	343	469	52	51	72
	30	20	395	37	275	17	120	121
	31	145	145	200	253	55	108	121
	32	395	395	282	340	113	55	125
	33	145	395	267	295	122	100	157
	35	520	145	462	224	58	79	98
	36	20	395	54	316	34	79	86
	38	20	395	71	357	51	38	63
	41	145	520	228	447	83	73	110
	42	20	145	49	177	29	32	43
	43	395	20	488	22	93	2	93
	45	145	20	166	38	21	18	27
	47	520	145	434	211	86	66	108
	48	395	145	303	231	92	86	125
	50	520	395	470	295	50	100	111
	52	395	520	284	469	111	51	122
	53	145	395	212	299	67	96	117
	55	395	520	372	486	23	34	41
	57	395	520	319	508	76	12	76
	59	145	20	232	85	87	65	108
	60	520	145	463	227	57	82	99
	62	20	395	24	389	4	6	7

	65	20	395	18	364	2	31	31
	68	20	145	8	166	12	21	24
	69	145	20	210	105	65	85	107
	70	520	145	560	152	40	7	40
	71	395	520	489	528	94	8	94
	75	145	20	158	17	13	3	13
	76	20	145	25	166	5	21	21
	77	20	145	70	207	50	62	79
	79	20	395	32	400	12	5	13
	84	20	145	94	214	74	69	101
	85	520	395	553	435	33	40	51
	88	395	145	338	204	57	59	82
	92	395	20	321	5	74	15	75
	93	395	520	378	479	17	41	44
	95	520	395	564	366	44	29	52
	97	395	145	361	245	34	100	105
	98	395	145	331	251	64	106	123
	101	20	145	52	156	32	11	33
	102	520	145	485	239	35	94	100
	103	520	395	513	442	7	47	47
	104	20	395	74	318	54	77	94
	107	520	145	504	266	16	121	122
	113	395	395	326	285	69	110	129
	115	520	145	549	63	29	82	86
	116	395	145	313	187	82	42	92
	117	20	145	11	265	9	120	120
	118	520	395	574	465	54	70	88
	122	395	20	304	99	91	79	120
	123	520	395	556	468	36	73	81
	127	520	395	542	454	22	59	62
	129	520	395	502	305	18	90	91
	130	520	145	515	188	5	43	43
	134	145	145	215	200	70	55	89
	135	395	145	296	249	99	104	143
	137	20	145	25	260	5	115	115
	138	20	395	15	405	5	10	11
	141	520	145	464	248	56	103	117
	142	395	20	356	22	39	2	39
	144	145	20	242	86	97	66	117
	145	520	395	532	391	12	4	12
	146	20	395	11	347	9	48	48
	148	395	145	330	210	65	65	91
	149	145	520	234	439	89	81	120

	150	520	395	535	307	15	88	89
	151	395	145	302	195	93	50	105
	153	395	520	283	491	112	29	115
	154	395	145	382	239	13	94	94
	156	520	395	550	330	30	65	71
	159	520	395	453	328	67	67	94
	161	520	145	562	114	42	31	52
	165	520	395	534	334	14	61	62
	166	145	145	214	256	69	111	130
	168	20	145	96	233	76	88	116
	170	395	395	320	287	75	108	131
	171	145	520	113	512	32	8	32
	172	145	20	188	59	43	39	58
	173	520	145	457	210	63	65	90
	174	145	20	226	6	81	14	82
	179	520	395	528	446	8	51	51
	181	145	145	248	208	103	63	120
	182	395	20	307	115	88	95	129
	183	145	145	263	252	118	107	159
	186	520	395	543	435	23	40	46
	187	20	395	43	367	23	28	36
	188	145	20	133	5	12	15	19
	189	520	145	517	188	3	43	43
	190	520	145	571	37	51	108	119
	193	20	395	14	311	6	84	84
	194	520	395	510	430	10	35	36
	196	395	20	307	9	88	11	88
	199	145	20	259	62	114	42	121
	202	520	145	551	59	31	86	91
	206	145	395	245	299	100	96	138
	208	145	520	185	489	40	31	50
	209	145	145	199	206	54	61	81
	212	145	20	245	111	100	91	135
	213	395	520	343	492	52	28	59
	214	20	145	37	123	17	22	27
	215	395	145	335	226	60	81	100
	218	520	395	562	292	42	103	111
	219	395	520	321	502	74	18	76
	222	395	395	305	275	90	120	150
	223	145	520	254	511	109	9	109
	224	20	395	91	334	71	61	93
	225	395	20	308	106	87	86	122
	227	520	395	531	419	11	24	26

	230	395	520	300	484	95	36	101
	232	145	520	196	458	51	62	80
	233	20	395	31	338	11	57	58
	236	145	145	218	210	73	65	97
	238	520	395	578	330	58	65	87
	239	520	395	559	479	39	84	92
	240	520	395	447	332	73	63	96
	241	520	145	452	229	68	84	108
	245	520	145	547	196	27	51	57
	247	145	145	254	206	109	61	124
	248	395	145	287	204	108	59	123
	254	520	395	563	502	43	107	115
	257	520	395	567	471	47	76	89
	260	520	395	524	290	4	105	105
	263	395	395	377	303	18	92	93
	264	520	395	555	373	35	22	41
	265	395	395	278	329	117	66	134
	266	520	145	569	165	49	20	52
	267	145	520	255	515	110	5	110
	268	395	520	306	434	89	86	123
	269	520	395	560	497	40	102	109
	270	395	520	328	472	67	48	82
	271	395	520	310	487	85	33	91
	273	520	395	422	317	98	78	125
	274	520	395	479	290	41	105	112
	278	20	145	21	77	1	68	68
	283	20	145	76	179	56	34	65
	284	145	20	56	8	89	12	89
	286	145	520	200	451	55	69	88
	287	145	20	227	12	82	8	82
	288	20	395	11	451	9	56	56
	289	520	145	493	220	27	75	79
	291	520	145	432	222	88	77	116
	293	20	145	20	159	0	14	14
	295	520	145	547	208	27	63	68
	296	20	145	64	164	44	19	47
	297	520	145	480	168	40	23	46
	299	145	520	262	497	117	23	119
	301	395	520	296	434	99	86	131
	303	520	395	492	393	28	2	28
	305	520	145	529	98	9	47	47
	307	395	20	342	35	53	15	55
	308	395	395	297	371	98	24	100

	311	520	395	453	308	67	87	109
	313	145	20	127	23	18	3	18
	314	20	145	18	45	2	100	100
	316	145	520	236	483	91	37	98
	318	395	520	319	490	76	30	81
	321	520	395	575	430	55	35	65
	328	395	520	357	491	38	29	47
	332	395	20	295	90	100	70	122
	333	520	145	451	202	69	57	89
	334	395	520	354	481	41	39	56
	335	395	395	298	311	97	84	128
	339	520	145	569	161	49	16	51
	340	520	145	509	223	11	78	78
	343	145	20	178	75	33	55	64
	345	20	395	43	330	23	65	68
	346	145	20	102	20	43	0	43
	347	520	395	466	335	54	60	80
	349	145	145	180	232	35	87	93
	350	520	395	573	384	53	11	54
	354	395	520	308	491	87	29	91
	355	20	395	30	342	10	53	53
	356	520	145	549	244	29	99	103
	358	395	145	288	249	107	104	149
	359	520	145	551	187	31	42	52
	360	520	395	500	341	20	54	57
	363	145	145	242	234	97	89	131
	364	395	20	288	62	107	42	114
	365	145	20	174	41	29	21	35
	369	520	145	576	34	56	111	124
	370	395	20	317	83	78	63	100
	372	520	145	447	227	73	82	109
	377	395	145	333	187	62	42	74
	379	520	145	561	198	41	53	67
	382	395	520	368	517	27	3	27
	383	520	145	568	214	48	69	84
	385	145	520	49	521	96	1	96
	386	395	520	275	474	120	46	128
	389	20	145	19	223	1	78	78
	391	395	520	426	526	31	6	31
	392	520	145	565	105	45	40	60
	394	520	395	565	509	45	114	122
	396	395	395	316	333	79	62	100
	398	395	20	285	105	110	85	139

	401	395	395	330	284	65	111	128
	402	145	20	247	84	102	64	120
	403	395	520	368	490	27	30	40
	405	145	145	185	220	40	75	85
	406	145	395	218	294	73	101	124
	409	145	145	259	237	114	92	146
	411	145	20	249	102	104	82	132
	413	145	520	259	449	114	71	134
	414	395	145	374	234	21	89	91
	417	520	395	564	500	44	105	113
	419	395	520	333	436	62	84	104
	421	395	20	322	66	73	46	86
	423	145	520	267	524	122	4	122
	425	520	395	536	436	16	41	44
	428	520	145	493	204	27	59	64
	433	520	145	530	78	10	67	67
	435	520	145	562	132	42	13	43
	436	20	395	60	330	40	65	76
	437	520	145	513	216	7	71	71
	439	395	20	315	114	80	94	123
	440	520	145	460	242	60	97	114
	442	395	145	299	216	96	71	119
	443	20	145	58	201	38	56	67
	446	20	145	93	215	73	70	101
	448	20	395	29	443	9	48	48
	449	395	20	282	96	113	76	136
	455	145	395	264	289	119	106	159
	458	145	520	243	416	98	104	142
	460	145	395	223	288	78	107	132
	461	520	395	565	413	45	18	48
	463	20	395	56	370	36	25	43
	464	395	20	296	63	99	43	107
	465	145	520	212	469	67	51	84
	466	520	145	480	196	40	51	64
	467	520	145	491	254	29	109	112
	470	395	520	395	511	0	9	9
	472	145	395	205	295	60	100	116
	473	520	145	530	170	10	25	26
	474	20	395	16	454	4	59	59
	478	145	395	202	336	57	59	82
	480	395	20	345	20	50	0	50
	481	395	20	362	70	33	50	59
	482	145	395	179	302	34	93	99

	484	520	395	576	479	56	84	100
	487	395	145	322	222	73	77	106
	488	145	145	236	253	91	108	141
	489	145	395	252	298	107	97	144
	493	145	395	151	306	6	89	89
	494	395	20	332	17	63	3	63
	495	20	145	80	220	60	75	96
	496	520	145	549	195	29	50	57
	498	145	20	202	11	57	9	57
	500	520	145	487	235	33	90	95
	501	145	20	189	65	44	45	62
	502	395	20	372	28	23	8	24
	505	145	520	246	462	101	58	116
	506	20	395	121	318	101	77	127
	508	145	520	208	513	63	7	63
	509	145	20	217	110	72	90	115
	510	145	20	183	78	38	58	69
	511	520	395	525	514	5	119	119
	513	145	20	214	57	69	37	78
	515	20	145	45	209	25	64	68
	518	145	395	265	298	120	97	154
	519	20	395	12	378	8	17	18
	520	145	20	182	5	37	15	39
	521	520	145	508	104	12	41	42
	526	395	520	374	528	21	8	22
	528	395	145	311	189	84	44	94
	532	145	20	183	21	38	1	38
	533	395	395	348	296	47	99	109
	534	520	395	508	422	12	27	29
	536	520	395	555	350	35	45	57
	537	520	145	518	168	2	23	23
	540	395	20	348	12	47	8	47
	541	145	395	232	380	87	15	88
	544	145	20	105	16	40	4	40
	545	145	20	194	58	49	38	62
	547	20	395	23	326	3	69	69
	549	520	395	510	305	10	90	90
	551	395	520	278	481	117	39	123
	552	20	145	36	266	16	121	122
	553	145	520	245	521	100	1	100
	555	145	520	253	434	108	86	138
	556	520	395	571	438	51	43	66
	558	145	145	176	216	31	71	77

	561	145	520	223	452	78	68	103
	565	145	20	252	102	107	82	134
	568	395	145	314	261	81	116	141
	571	145	20	103	12	42	8	42
	573	20	145	72	210	52	65	83
	574	520	145	546	197	26	52	58
	575	145	145	185	255	40	110	117
	576	520	145	517	143	3	2	3
	580	520	395	534	340	14	55	56
	581	145	520	210	438	65	82	104
	583	520	145	569	105	49	40	63
	584	520	145	564	158	44	13	45
	588	20	145	90	196	70	51	86
	589	145	520	156	507	11	13	17
	592	520	395	560	505	40	110	117
	593	145	395	173	306	28	89	93
	594	395	395	296	273	99	122	157
	595	395	520	389	486	6	34	34
	598	145	145	237	187	92	42	101
	600	395	520	309	490	86	30	91
	601	145	395	244	345	99	50	110
	604	520	395	537	405	17	10	19
	606	145	145	211	259	66	114	131
	609	520	395	499	413	21	18	27
	610	520	145	552	218	32	73	79
	614	520	395	515	371	5	24	24
	619	20	145	17	247	3	102	102
	623	395	395	325	300	70	95	118
	625	520	145	486	166	34	21	39
	626	395	145	285	269	110	124	165
	627	145	20	229	69	84	49	97
	628	145	520	143	506	2	14	14
	631	520	145	538	123	18	22	28
	633	520	145	479	235	41	90	98
	634	20	145	37	228	17	83	84
	635	520	395	557	327	37	68	77
	636	20	145	48	213	28	68	73
	637	395	145	326	253	69	108	128
	641	395	145	379	230	16	85	86
	643	145	395	184	309	39	86	94
	644	395	145	309	164	86	19	88
	645	520	395	567	432	47	37	59
	646	145	520	97	525	48	5	48

	648	395	145	322	226	73	81	109
	650	520	145	542	67	22	78	81
	651	395	520	296	422	99	98	139
	654	520	395	547	486	27	91	94
	657	145	395	222	290	77	105	130
	659	145	520	214	441	69	79	104
	661	520	395	528	400	8	5	9
	662	145	20	262	81	117	61	131
	663	145	20	265	49	120	29	123
	665	520	145	535	181	15	36	39
	667	520	395	538	284	18	111	112
	669	520	395	542	341	22	54	58
	672	520	395	545	361	25	34	42
	676	20	145	38	145	18	0	18
	677	520	395	490	366	30	29	41
	685	520	145	494	189	26	44	51
	690	20	145	87	243	67	98	118
	691	395	145	276	266	119	121	169
	693	145	395	164	305	19	90	91
	695	145	520	191	497	46	23	51
	696	395	395	297	311	98	84	129
	697	520	145	505	233	15	88	89
	699	395	520	361	483	34	37	50
	703	395	145	287	180	108	35	113
	706	520	395	545	309	25	86	89
	711	145	520	130	527	15	7	16
	712	395	520	304	483	91	37	98
	715	20	395	34	381	14	14	19
	720	145	520	221	500	76	20	78
	721	395	145	323	209	72	64	96
	722	20	145	97	221	77	76	108
	723	520	395	579	492	59	97	113
	724	145	395	222	297	77	98	124
	730	520	395	553	274	33	121	125
	732	520	145	542	195	22	50	54
	733	145	20	139	25	6	5	7
	734	20	145	22	252	2	107	107
	735	395	520	363	515	32	5	32
	736	520	145	432	234	88	89	125
	740	520	395	530	484	10	89	89
	743	395	20	300	101	95	81	124
	745	395	520	316	488	79	32	85
	750	145	520	107	508	38	12	39

	751	520	395	521	481	1	86	86
	752	520	395	541	418	21	23	31
	755	20	145	5	195	15	50	52
	756	520	145	542	77	22	68	71
	757	395	20	292	26	103	6	103
	758	520	145	530	102	10	43	44
	762	520	395	539	373	19	22	29
	763	395	520	300	522	95	2	95
	765	145	520	203	519	58	1	58
	766	145	20	220	24	75	4	75
	767	520	395	539	505	19	110	111
	768	20	395	13	368	7	27	27
	770	20	395	9	397	11	2	11
	771	145	145	258	207	113	62	128
	773	520	145	572	172	52	27	58
	775	520	145	550	149	30	4	30
	777	520	145	550	72	30	73	78
	778	395	20	385	49	10	29	30
	779	520	145	566	126	46	19	49
	783	520	395	573	476	53	81	96
	785	20	145	19	121	1	24	24
	788	395	520	355	483	40	37	54
	792	520	145	544	41	24	104	106
	795	145	520	173	493	28	27	38
	797	520	395	577	447	57	52	77
	798	20	395	72	311	52	84	98
	799	145	20	221	106	76	86	114
	804	520	395	527	449	7	54	54
	805	395	520	303	398	92	122	152
	807	395	20	302	45	93	25	96
	809	520	395	533	498	13	103	103
	811	520	145	470	218	50	73	88
	812	145	20	151	55	6	35	35
	813	395	395	296	368	99	27	102
	816	395	145	313	217	82	72	109
	817	395	395	328	333	67	62	91
	818	145	20	54	13	91	7	91
	820	395	145	359	237	36	92	98
	823	145	145	260	262	115	117	164
	824	395	520	358	487	37	33	49
	825	145	145	238	197	93	52	106
	826	395	145	386	233	9	88	88
	827	520	395	549	475	29	80	85

	831	145	520	264	521	119	1	119
	832	520	145	500	264	20	119	120
	835	520	145	574	225	54	80	96
	836	20	395	65	376	45	19	48
	838	395	395	294	303	101	92	136
	840	395	20	379	14	16	6	17
	842	395	395	303	329	92	66	113
	843	145	20	212	57	67	37	76
	845	145	145	203	206	58	61	84
	847	520	395	575	454	55	59	80
	848	520	395	574	428	54	33	63
	849	145	520	223	418	78	102	128
	851	520	395	480	384	40	11	41
	853	145	520	155	506	10	14	17
	855	145	395	231	378	86	17	87
	861	395	520	362	527	33	7	33
	862	395	395	319	322	76	73	105
	863	520	395	499	317	21	78	80
	865	520	395	473	370	47	25	53
	869	20	395	21	285	1	110	110
	870	145	145	209	218	64	73	97
	871	520	145	572	171	52	26	58
	874	20	395	18	419	2	24	24
	876	145	20	201	77	56	57	79
	880	20	395	76	355	56	40	68
	883	395	20	306	129	89	109	140
	884	145	20	213	110	68	90	112
	885	20	145	11	178	9	33	34
	887	520	395	514	386	6	9	10
	891	395	520	334	491	61	29	67
	893	145	20	208	31	63	11	63
	895	395	145	315	193	80	48	93
	897	145	395	240	366	95	29	99
	899	520	395	575	306	55	89	104
	900	20	395	67	305	47	90	101
	903	20	145	25	221	5	76	76
	904	145	520	149	491	4	29	29
	905	20	145	56	236	36	91	97
	907	395	20	308	46	87	26	90
	908	20	145	59	168	39	23	45
	909	145	20	207	10	62	10	62
	910	145	145	202	253	57	108	122
	911	395	20	322	108	73	88	114

	914	395	20	304	108	91	88	126
	919	20	145	90	241	70	96	118
	920	145	520	165	499	20	21	29
	923	145	520	149	485	4	35	35
	925	395	520	347	454	48	66	81
	928	20	145	16	138	4	7	8
	939	20	395	74	299	54	96	110
	940	145	20	236	129	91	109	141
	944	520	145	533	93	13	52	53
	946	395	20	344	18	51	2	51
	947	395	20	442	5	47	15	49
	948	20	395	34	396	14	1	14
	949	145	520	230	409	85	111	139
	950	520	145	562	158	42	13	43
	952	520	145	492	137	28	8	29
	955	520	145	556	124	36	21	41
	956	20	395	81	320	61	75	96
	957	520	145	419	243	101	98	140
	960	395	520	299	426	96	94	134
	961	20	145	27	156	7	11	13
	965	145	520	206	492	61	28	67
	966	145	145	235	189	90	44	100
	967	395	20	345	62	50	42	65
	970	20	395	10	374	10	21	23
	972	145	520	125	518	20	2	20
	973	145	520	125	524	20	4	20
	980	395	395	292	298	103	97	141
	981	520	395	551	279	31	116	120
	982	395	20	281	21	114	1	114
	984	20	395	9	326	11	69	69
	985	395	520	392	526	3	6	6
	986	145	20	211	58	66	38	76
	988	395	520	422	503	27	17	31
	990	520	395	541	405	21	10	23
	992	145	20	250	5	105	15	106
	994	20	145	58	227	38	82	90
	995	520	395	496	326	24	69	73
	996	520	395	538	338	18	57	59
	997	520	145	493	241	27	96	99
	998	520	395	438	294	82	101	130
Algılayıcı Sayısı =508				Ortalama Konumlandırma Hatası =81 cm				

Üç	0	436	103	449	112	13	9	15
	1	103	103	64	98	39	5	39
	2	103	436	37	451	66	15	67
	7	103	436	111	395	8	41	41
	11	436	103	358	119	78	16	79
	12	436	436	458	429	22	7	23
	13	436	436	462	416	26	20	32
	22	436	103	320	144	116	41	123
	24	103	103	232	152	129	49	137
	27	436	436	419	401	17	35	38
	29	103	103	229	135	126	32	130
	34	436	103	353	170	83	67	106
	40	436	103	408	56	28	47	54
	44	103	436	105	440	2	4	4
	46	103	103	66	127	37	24	44
	51	103	103	57	47	46	56	72
	54	103	103	114	98	11	5	12
	56	103	436	129	460	26	24	35
	61	103	436	222	412	119	24	121
	63	103	436	184	452	81	16	82
	64	436	436	492	434	56	2	56
	66	103	436	126	403	23	33	40
	67	436	103	414	82	22	21	30
	72	103	103	114	196	11	93	93
	73	436	103	491	129	55	26	60
	74	436	436	400	418	36	18	40
	78	103	103	105	170	2	67	67
	81	436	103	414	201	22	98	100
	82	103	436	93	505	10	69	69
	86	103	103	84	111	19	8	20
	89	436	436	341	356	95	80	124
	90	436	103	514	44	78	59	97
	91	103	103	100	36	3	67	67
	94	436	103	376	176	60	73	94
	96	103	436	154	322	51	114	124
	99	436	103	490	129	54	26	59
	100	436	103	383	209	53	106	118
	105	436	436	468	421	32	15	35
	106	436	103	424	203	12	100	100
	108	103	436	201	348	98	88	131
	109	436	103	478	85	42	18	45
	110	103	436	179	426	76	10	76
	111	436	436	471	439	35	3	35

	114	436	436	340	387	96	49	107
	119	103	103	133	59	30	44	53
	120	103	436	72	433	31	3	31
	121	436	103	455	30	19	73	75
	124	436	103	428	68	8	35	35
	125	103	436	71	485	32	49	58
	126	436	436	376	368	60	68	90
	128	436	103	337	138	99	35	105
	131	103	103	148	210	45	107	116
	132	436	436	378	369	58	67	88
	133	103	103	152	205	49	102	113
	139	103	103	181	133	78	30	83
	140	103	436	180	359	77	77	108
	147	103	436	128	408	25	28	37
	152	436	436	357	346	79	90	119
	155	436	436	486	432	50	4	50
	157	103	103	158	116	55	13	56
	158	436	436	321	418	115	18	116
	160	103	103	136	221	33	118	122
	167	103	436	189	387	86	49	98
	169	436	436	493	509	57	73	92
	175	103	436	130	414	27	22	34
	176	436	436	356	415	80	21	82
	178	436	103	354	166	82	63	103
	180	103	436	118	376	15	60	61
	185	103	103	35	65	68	38	77
	192	103	103	33	79	70	24	74
	195	103	436	74	451	29	15	32
	197	436	436	443	446	7	10	12
	198	103	436	71	425	32	11	33
	200	436	103	381	171	55	68	87
	201	103	436	58	449	45	13	46
	203	436	436	489	420	53	16	55
	204	436	436	415	481	21	45	49
	205	103	436	170	323	67	113	131
	207	436	103	498	75	62	28	68
	210	103	436	116	459	13	23	26
	216	436	436	326	415	110	21	111
	217	436	436	404	355	32	81	87
	220	103	103	176	123	73	20	75
	221	436	436	504	514	68	78	103
	228	436	436	422	322	14	114	114
	234	436	103	502	104	66	1	66

	235	103	436	100	407	3	29	29
	237	103	436	54	513	49	77	91
	242	436	103	406	206	30	103	107
	244	436	436	503	479	67	43	79
	246	103	436	73	426	30	10	31
	249	436	436	371	350	65	86	107
	251	103	436	62	509	41	73	83
	253	436	103	476	42	40	61	72
	255	436	103	460	60	24	43	49
	258	103	103	82	165	21	62	65
	259	436	436	458	503	22	67	70
	261	436	436	447	509	11	73	73
	262	103	436	146	425	43	11	44
	272	103	436	69	444	34	8	34
	275	103	103	148	102	45	1	45
	276	436	436	344	366	92	70	115
	277	436	436	438	490	2	54	54
	279	436	436	415	352	21	84	86
	280	103	103	69	137	34	34	48
	281	103	103	69	145	34	42	54
	285	103	103	214	171	111	68	130
	290	103	103	47	33	56	70	89
	298	436	103	452	143	16	40	43
	300	436	103	414	211	22	108	110
	302	103	436	108	494	5	58	58
	304	103	436	177	394	74	42	85
	306	103	103	170	165	67	62	91
	309	436	103	473	100	37	3	37
	310	103	436	90	441	13	5	13
	312	103	436	41	517	62	81	102
	315	103	436	140	398	37	38	53
	317	436	436	405	362	31	74	80
	322	436	436	348	406	88	30	92
	323	103	436	61	424	42	12	43
	324	436	436	416	409	20	27	33
	325	436	103	466	46	30	57	64
	327	436	436	458	468	22	32	38
	329	436	103	439	111	3	8	8
	330	436	436	418	431	18	5	18
	331	436	103	417	122	19	19	26
	337	436	436	430	457	6	21	21
	338	436	436	486	514	50	78	92
	341	103	103	188	137	85	34	91

	342	103	103	162	87	59	16	61
	344	103	436	75	432	28	4	28
	348	436	436	331	408	105	28	108
	351	103	436	114	429	11	7	13
	352	103	103	154	119	51	16	53
	353	436	103	357	85	79	18	81
	357	103	103	192	164	89	61	107
	361	103	436	151	421	48	15	50
	362	436	436	488	472	52	36	63
	367	103	103	182	86	79	17	80
	371	436	103	354	107	82	4	82
	373	436	436	392	379	44	57	72
	375	103	103	83	59	20	44	48
	376	436	436	476	507	40	71	81
	380	436	103	467	97	31	6	31
	381	436	103	384	223	52	120	130
	384	103	103	89	94	14	9	16
	387	436	436	467	379	31	57	64
	388	103	103	24	35	79	68	104
	390	103	436	130	372	27	64	69
	393	103	436	148	375	45	61	75
	395	436	436	399	439	37	3	37
	397	103	103	149	197	46	94	104
	399	436	436	328	421	108	15	109
	404	103	436	93	455	10	19	21
	407	103	103	91	60	12	43	44
	410	436	103	422	148	14	45	47
	415	103	436	134	447	31	11	32
	418	103	103	82	110	21	7	22
	420	436	103	326	175	110	72	131
	422	436	103	376	150	60	47	76
	426	436	103	435	68	1	35	35
	427	103	103	43	95	60	8	60
	429	103	103	32	95	71	8	71
	430	436	436	413	417	23	19	29
	431	103	436	167	381	64	55	84
	434	436	103	338	113	98	10	98
	438	436	103	419	166	17	63	65
	444	103	436	100	425	3	11	11
	445	103	436	59	401	44	35	56
	447	103	436	69	410	34	26	42
	450	103	103	213	171	110	68	129
	452	103	436	105	362	2	74	74

	453	436	103	421	72	15	31	34
	454	103	436	141	353	38	83	91
	456	436	436	488	445	52	9	52
	457	103	103	223	140	120	37	125
	459	103	103	122	126	19	23	29
	462	103	103	69	118	34	15	37
	468	103	103	28	59	75	44	86
	469	103	436	190	441	87	5	87
	475	103	103	209	140	106	37	112
	476	436	103	367	137	69	34	76
	477	436	436	462	436	26	0	26
	479	103	436	94	508	9	72	72
	485	103	103	129	168	26	65	70
	490	103	436	178	411	75	25	79
	491	436	436	393	347	43	89	98
	492	436	103	439	59	3	44	44
	497	103	436	141	345	38	91	98
	499	103	436	118	415	15	21	25
	503	436	103	462	139	26	36	44
	504	436	103	407	204	29	101	105
	507	436	436	383	434	53	2	53
	512	436	436	450	428	14	8	16
	514	103	436	83	479	20	43	47
	516	103	436	162	344	59	92	109
	517	436	436	419	457	17	21	27
	522	436	103	352	140	84	37	91
	523	103	103	124	189	21	86	88
	524	436	103	409	225	27	122	124
	525	103	103	174	201	71	98	121
	529	103	436	201	442	98	6	98
	530	436	436	395	369	41	67	78
	531	103	436	73	422	30	14	33
	535	103	436	214	422	111	14	111
	538	103	436	157	380	54	56	77
	542	436	436	355	370	81	66	104
	543	436	103	433	150	3	47	47
	546	103	103	129	98	26	5	26
	548	436	103	511	46	75	57	94
	550	436	436	385	348	51	88	101
	554	103	103	65	89	38	14	40
	557	103	436	140	354	37	82	89
	559	103	436	112	328	9	108	108
	560	103	103	169	173	66	70	96

	563	436	436	337	413	99	23	101
	564	436	103	365	151	71	48	85
	566	436	436	486	421	50	15	52
	567	436	436	495	500	59	64	87
	569	436	103	385	62	51	41	65
	570	103	436	164	404	61	32	68
	577	103	103	170	184	67	81	105
	578	103	436	162	331	59	105	120
	582	436	103	425	134	11	31	32
	585	103	436	77	430	26	6	26
	586	436	103	431	45	5	58	58
	590	103	103	88	103	15	0	15
	591	436	103	486	141	50	38	62
	596	103	436	32	461	71	25	75
	597	103	436	114	340	11	96	96
	599	103	103	167	185	64	82	104
	603	436	436	427	432	9	4	9
	605	103	436	116	482	13	46	47
	607	436	436	376	389	60	47	76
	608	436	103	466	55	30	48	56
	612	436	103	363	115	73	12	73
	613	436	436	443	463	7	27	27
	615	103	436	73	425	30	11	31
	616	103	436	52	487	51	51	72
	618	436	103	448	103	12	0	12
	621	436	436	377	395	59	41	71
	622	103	436	187	404	84	32	89
	630	436	436	431	456	5	20	20
	632	436	103	375	211	61	108	124
	638	436	436	441	498	5	62	62
	639	103	436	87	458	16	22	27
	640	436	103	379	109	57	6	57
	642	436	436	500	431	64	5	64
	647	436	103	419	193	17	90	91
	649	103	436	62	490	41	54	67
	653	103	103	138	52	35	51	61
	655	103	103	214	162	111	59	125
	656	436	103	471	90	35	13	37
	660	103	103	51	134	52	31	60
	664	436	103	394	110	42	7	42
	666	436	103	488	120	52	17	54
	668	436	436	402	454	34	18	38
	670	436	103	339	121	97	18	98

	671	436	436	370	326	66	110	128
	674	436	103	357	98	79	5	79
	675	103	103	91	33	12	70	71
	678	103	436	124	400	21	36	41
	679	103	103	205	188	102	85	132
	680	436	103	447	82	11	21	23
	684	103	436	139	448	36	12	37
	686	436	436	328	384	108	52	119
	687	103	436	148	455	45	19	48
	688	436	103	355	160	81	57	99
	689	436	436	472	408	36	28	45
	692	103	436	34	460	69	24	73
	694	103	103	220	130	117	27	120
	698	436	436	469	474	33	38	50
	700	103	103	131	220	28	117	120
	701	436	436	444	408	8	28	29
	702	103	436	192	423	89	13	89
	705	103	436	50	483	53	47	70
	707	103	103	123	170	20	67	69
	708	436	436	393	485	43	49	65
	709	436	103	402	71	34	32	46
	710	436	436	436	470	0	34	34
	713	436	436	489	518	53	82	97
	714	436	436	495	433	59	3	59
	716	436	436	394	478	42	42	59
	717	436	436	320	390	116	46	124
	718	436	436	402	374	34	62	70
	719	103	103	104	138	1	35	35
	725	436	436	441	473	5	37	37
	727	103	103	97	179	6	76	76
	728	103	436	115	408	12	28	30
	729	103	103	146	222	43	119	126
	737	436	436	436	428	0	8	8
	738	103	436	196	440	93	4	93
	739	436	103	484	61	48	42	63
	741	436	103	349	160	87	57	104
	742	103	103	37	87	66	16	67
	744	436	103	430	118	6	15	16
	747	103	436	177	458	74	22	77
	753	103	436	91	407	12	29	31
	754	436	103	432	191	4	88	88
	759	103	436	88	412	15	24	28
	760	436	103	493	31	57	72	91

	761	103	436	176	432	73	4	73
	764	103	436	83	470	20	34	39
	769	103	103	213	146	110	43	118
	772	103	103	128	98	25	5	25
	774	103	103	153	140	50	37	62
	776	103	436	123	360	20	76	78
	780	103	103	161	91	58	12	59
	781	436	436	366	454	70	18	72
	786	436	436	478	464	42	28	50
	787	436	103	447	58	11	45	46
	789	436	436	349	399	87	37	94
	790	436	103	415	108	21	5	21
	791	436	436	423	466	13	30	32
	793	436	436	449	371	13	65	66
	794	103	436	55	425	48	11	49
	796	436	103	416	74	20	29	35
	800	103	103	113	52	10	51	51
	801	103	436	68	378	35	58	67
	802	103	436	138	386	35	50	61
	810	103	103	147	158	44	55	70
	814	436	436	510	490	74	54	91
	819	436	103	376	115	60	12	61
	821	436	103	458	131	22	28	35
	828	103	436	165	373	62	63	88
	830	103	436	131	404	28	32	42
	833	103	103	127	46	24	57	61
	834	436	436	385	473	51	37	63
	837	103	436	190	427	87	9	87
	839	103	436	77	378	26	58	63
	841	103	436	49	508	54	72	90
	850	103	103	194	196	91	93	130
	854	103	103	69	78	34	25	42
	856	436	436	336	396	100	40	107
	860	103	103	81	64	22	39	44
	866	103	103	112	183	9	80	80
	867	103	103	224	154	121	51	131
	868	103	103	114	190	11	87	87
	872	103	436	161	337	58	99	114
	873	436	436	469	432	33	4	33
	877	436	103	381	118	55	15	57
	878	436	436	432	441	4	5	6
	879	103	103	106	175	3	72	72
	881	103	436	142	344	39	92	99

	882	103	436	192	371	89	65	110
	888	103	103	77	164	26	61	66
	889	436	436	421	484	15	48	50
	890	436	103	463	29	27	74	78
	892	103	103	174	171	71	68	98
	894	436	103	399	92	37	11	38
	896	103	436	107	375	4	61	61
	898	103	103	101	184	2	81	81
	902	436	436	452	447	16	11	19
	906	103	103	66	142	37	39	53
	912	436	436	384	348	52	88	102
	913	103	436	92	402	11	34	35
	915	436	436	326	416	110	20	111
	916	103	103	183	83	80	20	82
	917	436	103	467	123	31	20	36
	918	436	436	347	399	89	37	96
	921	436	436	464	403	28	33	43
	922	103	103	48	57	55	46	71
	924	103	103	106	178	3	75	75
	927	103	436	137	338	34	98	103
	929	103	103	97	70	6	33	33
	930	436	103	402	151	34	48	58
	931	436	103	517	32	81	71	107
	932	103	103	215	165	112	62	128
	933	103	436	79	507	24	71	74
	936	103	436	97	477	6	41	41
	937	436	103	424	215	12	112	112
	938	436	436	393	421	43	15	45
	941	436	103	338	104	98	1	98
	942	436	436	351	374	85	62	105
	943	436	103	461	177	25	74	78
	945	103	103	122	184	19	81	83
	953	436	103	404	52	32	51	60
	954	103	436	150	440	47	4	47
	958	436	436	406	373	30	63	69
	962	103	103	60	79	43	24	49
	963	436	103	437	76	1	27	27
	964	103	436	85	387	18	49	52
	968	436	436	453	375	17	61	63
	969	103	103	201	188	98	85	129
	971	103	103	48	51	55	52	75
	974	103	103	179	166	76	63	98
	975	103	103	178	188	75	85	113

	976	103	436	174	387	71	49	86
	977	103	103	153	92	50	11	51
	978	103	103	151	93	48	10	49
	979	436	436	452	375	16	61	63
	983	436	436	480	415	44	21	48
	987	436	436	381	429	55	7	55
	989	103	103	50	67	53	36	64
	991	436	436	483	442	47	6	47
	993	436	436	369	357	67	79	103
	999	436	103	354	98	82	5	82
Algılayıcı Sayısı =397				Ortalama Konumlandırma Hatası =68 cm				

Benzetim Süresi =31 ms

EK-C.2: Senaryo 3 için ADLA Algoritması Benzetim Sonuçları

Düğüm	X Tahmin	Y Tahmin	X Gerçek	Y Gerçek	X Hata (cm)	Y Hata (cm)	Ortalama Hata (cm)
2	211	374	206	367	5	7	8
3	340	408	307	351	33	57	65
4	120	325	86	356	34	31	46
6	139	176	139	177	0	1	1
7	203	379	245	464	42	85	94
9	107	454	87	433	20	21	29
10	141	177	153	168	12	9	15
11	503	33	501	32	2	1	2
14	442	330	461	349	19	19	26
16	307	68	303	72	4	4	5
17	52	246	54	248	2	2	2
22	468	452	451	468	17	16	23
23	145	183	183	147	38	36	52
25	246	489	246	488	0	1	1
26	348	122	318	140	30	18	34
28	47	500	53	510	6	10	11
32	374	382	351	345	23	37	43
38	330	416	290	339	40	77	86
39	216	120	163	68	53	52	74
40	408	356	384	309	24	47	52
41	129	163	168	123	39	40	55
42	197	134	140	81	57	53	77
43	133	168	162	142	29	26	38
44	168	213	162	218	6	5	7
46	488	45	487	45	1	0	1
47	178	399	163	381	15	18	23
49	390	120	364	72	26	48	54
50	348	122	361	112	13	10	16
52	129	336	76	392	53	56	77
55	164	207	110	239	54	32	62
56	375	381	400	408	25	27	36
57	386	171	419	140	33	31	45
61	469	453	484	443	15	10	18
63	490	481	489	481	1	0	1
64	450	73	437	50	13	23	26
68	358	134	320	156	38	22	43
70	145	424	126	402	19	22	29
71	452	431	469	420	17	11	20

73	465	62	453	41	12	21	24
75	411	203	412	203	1	0	1
76	67	82	49	93	18	11	21
77	441	331	438	328	3	3	4
81	421	216	444	197	23	19	29
84	132	167	158	144	26	23	34
85	397	364	413	383	16	19	24
86	328	417	315	400	13	17	21
87	201	382	145	329	56	53	77
89	379	378	357	341	22	37	43
90	136	431	117	410	19	21	28
91	336	411	321	391	15	20	25
94	231	470	231	469	0	1	1
96	507	503	503	505	4	2	4
97	340	111	351	102	11	9	14
99	360	138	387	113	27	25	36
101	471	58	466	52	5	6	7
105	214	121	247	177	33	56	65
106	338	410	340	414	2	4	4
111	139	176	88	205	51	29	58
112	137	173	109	192	28	19	33
113	481	300	495	313	14	13	19
115	359	393	364	400	5	7	8
116	184	144	221	218	37	74	82
119	209	125	251	210	42	85	94
120	138	348	84	407	54	59	79
123	458	68	447	50	11	18	21
127	139	429	166	483	27	54	60
128	66	235	59	226	7	9	11
130	100	124	82	136	18	12	21
131	102	457	104	459	2	2	2
132	332	414	298	355	34	59	68
136	380	378	349	318	31	60	67
138	330	415	388	470	58	55	79
140	343	406	343	407	0	1	1
141	363	390	342	357	21	33	39
142	160	377	205	351	45	26	51
143	154	417	178	458	24	41	47
144	93	115	77	126	16	11	19
145	497	288	500	292	3	4	5
147	131	435	152	471	21	36	41
149	442	418	435	422	7	4	8
150	464	313	466	316	2	3	3

152	201	381	192	369	9	12	15
153	183	395	215	454	32	59	67
154	302	62	293	68	9	6	10
155	114	142	144	113	30	29	41
157	181	146	211	198	30	52	60
165	363	390	330	326	33	64	72
166	69	84	84	70	15	14	20
168	134	342	187	311	53	31	61
169	158	374	203	348	45	26	51
173	33	38	31	40	2	2	2
174	77	476	74	471	3	5	5
180	118	148	135	134	17	14	22
182	356	395	324	336	32	59	67
185	38	43	33	47	5	4	6
186	97	461	95	457	2	4	4
190	393	180	327	214	66	34	74
196	425	343	417	332	8	11	13
200	363	390	341	355	22	35	41
201	145	424	126	402	19	22	29
206	395	183	360	206	35	23	41
207	108	453	97	440	11	13	17
209	286	42	280	46	6	4	7
218	107	133	112	130	5	3	5
219	354	397	357	402	3	5	5
223	389	175	384	179	5	4	6
225	470	454	463	459	7	5	8
227	441	417	464	402	23	15	27
229	493	40	492	40	1	0	1
231	137	430	145	440	8	10	12
232	341	113	303	133	38	20	42
237	320	85	314	90	6	5	7
242	428	91	414	69	14	22	26
243	116	146	142	122	26	24	35
244	206	127	156	78	50	49	70
249	393	367	388	361	5	6	7
250	45	53	34	60	11	7	13
253	215	371	243	416	28	45	53
256	125	439	145	474	20	35	40
258	163	160	194	220	31	60	67
259	141	178	73	213	68	35	76
261	156	197	172	185	16	12	20
262	207	376	213	383	6	7	9
268	104	456	110	463	6	7	9

269	501	495	509	490	8	5	9
272	153	168	181	221	28	53	59
274	349	123	344	127	5	4	6
275	438	414	472	394	34	20	39
277	401	191	392	199	9	8	12
283	325	420	387	478	62	58	84
285	410	203	328	244	82	41	91
286	328	95	310	107	18	12	21
288	198	383	172	354	26	29	38
292	357	134	340	146	17	12	20
295	166	408	114	361	52	47	70
297	424	93	439	110	15	17	22
298	251	496	243	504	8	8	11
300	389	371	434	412	45	41	60
301	334	413	295	340	39	73	82
302	397	185	390	191	7	6	9
303	145	424	125	402	20	22	29
304	322	88	340	70	18	18	25
305	61	74	50	82	11	8	13
310	52	61	52	62	0	1	1
312	464	447	442	469	22	22	31
313	236	476	243	471	7	5	8
315	126	158	82	183	44	25	50
316	385	374	387	378	2	4	4
317	118	148	121	146	3	2	3
318	374	382	359	360	15	22	26
320	57	69	39	79	18	10	20
323	96	119	125	88	29	31	42
327	194	387	144	339	50	48	69
336	415	351	403	334	12	17	20
338	124	329	84	367	40	38	55
340	373	155	392	139	19	16	24
345	438	333	422	305	16	28	32
347	175	401	169	392	6	9	10
348	477	464	478	463	1	1	1
349	342	407	322	378	20	29	35
350	410	202	327	243	83	41	92
353	171	217	114	251	57	34	66
354	161	204	204	163	43	41	59
359	361	392	360	392	1	0	1
362	111	450	116	455	5	5	7
363	422	345	417	340	5	5	7
364	128	335	201	297	73	38	82

365	102	126	73	144	29	18	34
366	113	141	83	160	30	19	35
367	96	119	95	120	1	1	1
368	472	458	452	479	20	21	29
371	356	133	393	92	37	41	55
373	347	403	313	340	34	63	71
376	145	424	151	432	6	8	10
378	137	173	100	196	37	23	43
379	166	158	199	225	33	67	74
380	462	315	450	294	12	21	24
382	105	131	110	128	5	3	5
383	393	367	416	392	23	25	33
387	385	373	393	384	8	11	13
388	457	68	456	68	1	0	1
391	386	372	403	392	17	20	26
398	326	419	376	469	50	50	70
400	117	445	96	423	21	22	30
402	343	405	406	462	63	57	84
410	155	196	133	211	22	15	26
415	61	489	49	477	12	12	16
416	92	114	84	120	8	6	10
425	367	147	379	138	12	9	15
426	435	335	465	363	30	28	41
427	349	401	353	407	4	6	7
428	125	331	86	367	39	36	53
429	108	135	132	113	24	22	32
434	486	296	497	307	11	11	15
435	119	150	150	120	31	30	43
436	153	194	207	136	54	58	79
439	123	441	120	436	3	5	5
440	193	388	230	461	37	73	81
441	92	465	102	480	10	15	18
443	59	240	62	243	3	3	4
444	397	186	357	211	40	25	47
445	207	376	224	400	17	24	29
446	208	376	244	442	36	66	75
447	200	382	222	416	22	34	40
448	100	124	112	115	12	9	15
449	130	163	107	179	23	16	28
451	401	191	401	192	0	1	1
452	131	185	155	231	24	46	51
454	128	437	100	409	28	28	39
457	470	308	473	312	3	4	5

467	414	208	416	208	2	0	2
468	118	445	107	431	11	14	17
471	153	418	171	447	18	29	34
476	447	326	438	314	9	12	15
478	336	107	305	124	31	17	35
479	130	436	98	405	32	31	44
480	397	186	366	206	31	20	36
481	419	214	394	232	25	18	30
483	121	326	114	331	7	5	8
484	418	214	397	229	21	15	25
486	399	188	381	201	18	13	22
487	372	384	390	405	18	21	27
488	119	322	97	340	22	18	28
490	145	424	140	416	5	8	9
491	291	47	293	46	2	1	2
492	439	414	452	404	13	10	16
493	134	169	145	161	11	8	13
494	495	39	492	36	3	3	4
495	505	501	501	504	4	3	5
496	328	417	379	467	51	50	71
499	390	176	419	150	29	26	38
501	138	347	198	314	60	33	68
503	152	193	139	203	13	10	16
506	361	139	350	147	11	8	13
509	395	183	381	193	14	10	17
510	156	415	186	473	30	58	65
511	447	326	450	331	3	5	5
512	411	203	329	244	82	41	91
513	196	385	214	410	18	25	30
517	454	321	450	317	4	4	5
518	248	491	261	484	13	7	14
519	354	397	404	445	50	48	69
523	176	150	206	203	30	53	60
524	146	358	209	324	63	34	71
525	373	154	380	149	7	5	8
526	142	179	121	194	21	15	25
530	413	207	335	247	78	40	87
538	321	87	299	100	22	13	25
541	215	120	245	169	30	49	57
542	325	419	281	328	44	91	101
545	399	362	423	388	24	26	35
549	150	189	134	201	16	12	20
552	169	406	125	363	44	43	61

553	185	143	219	207	34	64	72
555	408	356	413	364	5	8	9
556	418	213	383	236	35	23	41
557	472	307	477	314	5	7	8
559	178	399	179	399	1	0	1
560	69	232	56	219	13	13	18
561	505	500	502	502	3	2	3
562	173	403	121	355	52	48	70
563	59	71	52	76	7	5	8
564	330	416	323	408	7	8	10
570	168	407	144	380	24	27	36
573	52	246	46	239	6	7	9
577	215	371	168	323	47	48	67
580	351	126	350	128	1	2	2
581	447	424	484	404	37	20	42
585	280	34	284	31	4	3	5
589	70	85	66	89	4	4	5
590	373	383	347	339	26	44	51
591	106	454	115	467	9	13	15
592	389	371	434	412	45	41	60
595	440	82	450	94	10	12	15
596	459	317	448	300	11	17	20
601	320	85	334	73	14	12	18
603	143	426	135	416	8	10	12
605	117	146	135	131	18	15	23
606	486	46	480	37	6	9	10
608	34	510	30	505	4	5	6
610	104	130	99	134	5	4	6
615	298	57	288	64	10	7	12
618	36	40	41	36	5	4	6
619	375	381	403	411	28	30	41
623	204	379	203	377	1	2	2
624	354	130	360	126	6	4	7
626	176	401	151	373	25	28	37
628	336	411	303	352	33	59	67
629	74	479	57	462	17	17	24
630	382	376	402	399	20	23	30
633	364	390	378	407	14	17	22
634	168	214	129	239	39	25	46
636	125	156	153	130	28	26	38
637	121	152	90	172	31	20	36
638	441	80	425	51	16	29	33
641	494	40	498	45	4	5	6

643	488	478	498	471	10	7	12
644	128	437	106	413	22	24	32
651	316	80	288	94	28	14	31
660	158	414	151	404	7	10	12
661	408	200	343	235	65	35	73
664	132	166	93	189	39	23	45
667	398	187	362	210	36	23	42
669	449	325	434	298	15	27	30
671	145	357	198	327	53	30	60
676	89	110	74	120	15	10	18
679	358	394	408	441	50	47	68
682	379	378	359	348	20	30	36
683	247	490	244	492	3	2	3
686	396	185	378	198	18	13	22
690	368	387	339	336	29	51	58
691	325	91	301	105	24	14	27
693	326	419	328	422	2	3	3
697	370	385	348	350	22	35	41
703	187	392	193	399	6	7	9
707	144	181	149	178	5	3	5
708	414	351	417	356	3	5	5
709	435	335	440	343	5	8	9
713	155	416	131	390	24	26	35
714	409	201	448	164	39	37	53
717	459	317	457	315	2	2	2
719	167	407	160	397	7	10	12
720	349	401	375	430	26	29	38
721	340	112	314	128	26	16	30
724	373	154	386	144	13	10	16
726	191	139	221	190	30	51	59
729	150	420	179	477	29	57	63
739	383	375	387	382	4	7	8
744	351	126	304	150	47	24	52
745	152	192	202	140	50	52	72
748	476	304	482	311	6	7	9
749	414	208	413	210	1	2	2
752	123	155	89	176	34	21	39
754	174	152	209	221	35	69	77
756	129	337	170	311	41	26	48
759	397	186	343	217	54	31	62
761	194	387	190	381	4	6	7
762	160	412	186	457	26	45	51
766	410	202	461	149	51	53	73

768	477	53	468	39	9	14	16
779	384	169	402	154	18	15	23
781	403	194	364	219	39	25	46
784	111	450	129	483	18	33	37
788	91	113	87	117	4	4	5
795	118	148	81	170	37	22	43
799	80	474	89	489	9	15	17
803	121	193	144	238	23	45	50
804	59	490	68	506	9	16	18
805	464	313	462	311	2	2	2
807	240	481	230	491	10	10	14
808	173	394	223	367	50	27	56
811	354	397	372	419	18	22	28
812	418	213	452	183	34	30	45
816	43	502	43	501	0	1	1
817	45	501	41	496	4	5	6
819	421	217	457	185	36	32	48
820	496	39	493	36	3	3	4
823	412	206	402	214	10	8	12
824	416	350	397	317	19	33	38
827	322	88	292	104	30	16	34
828	200	132	187	115	13	17	21
829	461	443	485	429	24	14	27
833	333	413	302	360	31	53	61
838	82	102	53	118	29	16	33
839	98	122	96	125	2	3	3
840	386	373	378	363	8	10	12
843	213	372	242	418	29	46	54
845	394	182	361	203	33	21	39
847	157	372	208	344	51	28	58
848	398	114	376	77	22	37	43
849	299	58	286	66	13	8	15
853	142	180	194	122	52	58	77
854	206	127	155	77	51	50	71
855	55	66	66	57	11	9	14
857	120	150	96	166	24	16	28
860	121	325	63	387	58	62	84
863	250	494	256	489	6	5	7
864	163	206	173	199	10	7	12
867	126	332	118	338	8	6	10
869	170	216	106	252	64	36	73
871	361	139	307	166	54	27	60
875	440	331	463	354	23	23	32

879	207	126	230	161	23	35	41
885	122	326	68	382	54	56	77
886	465	448	466	446	1	2	2
888	104	456	122	490	18	34	38
889	145	183	161	170	16	13	20
891	94	117	64	135	30	18	34
893	136	171	73	204	63	33	71
896	456	437	429	466	27	29	39
898	198	383	153	338	45	45	63
900	121	152	90	171	31	19	36
904	411	103	388	59	23	44	49
905	80	474	61	455	19	19	26
908	196	385	178	363	18	22	28
909	169	215	187	201	18	14	22
912	399	188	391	195	8	7	10
917	123	155	101	170	22	15	26
920	84	104	112	74	28	30	41
923	359	393	334	352	25	41	48
924	164	207	127	231	37	24	44
925	449	324	438	307	11	17	20
927	323	89	328	86	5	3	5
930	55	493	59	497	4	4	5
935	39	255	44	263	5	8	9
936	190	390	217	435	27	45	52
937	99	459	113	482	14	23	26
939	412	353	418	361	6	8	10
940	418	212	459	173	41	39	56
946	143	426	112	394	31	32	44
948	341	407	311	357	30	50	58
951	457	438	437	457	20	19	27
952	158	201	213	142	55	59	80
954	211	373	189	347	22	26	34
957	443	420	454	412	11	8	13
958	186	393	135	344	51	49	70
959	140	176	102	200	38	24	44
960	139	175	164	153	25	22	33
961	237	476	237	475	0	1	1
962	155	370	219	337	64	33	72
963	214	371	180	334	34	37	50
964	250	494	245	498	5	4	6
965	148	360	221	324	73	36	81
966	411	204	340	242	71	38	80
969	375	381	345	325	30	56	63

971	169	214	126	241	43	27	50
972	125	331	83	372	42	41	58
973	361	138	368	133	7	5	8
976	297	55	293	58	4	3	5
978	339	409	384	454	45	45	63
982	136	171	164	145	28	26	38
983	400	190	404	188	4	2	4
985	148	186	124	203	24	17	29
988	43	502	46	505	3	3	4
989	427	341	442	358	15	17	22
991	362	391	389	421	27	30	40
993	57	242	66	258	9	16	18
996	179	398	211	458	32	60	68
997	376	159	381	156	5	3	5
998	352	399	393	441	41	42	58
999	102	458	105	461	3	3	4

Algılayıcı Sayısı =441
Ortalama Konumlandırma Hatası =32 cm
Benzetim Süresi =7 ms

EK-C.3: Senaryo 3 için HiRLoc Algoritması Benzetim Sonuçları

Kesişen Konum Belirleyici	Düğüm	X Tahmin	Y Tahmin	X Gerçek	Y Gerçek	X Hata (cm)	Y Hata (cm)	Ortalama Hata (cm)
İki	1	338	397	343	396	5	1	5
	5	187	355	189	358	2	3	3
	7	337	386	336	384	1	2	2
	8	111	195	110	197	1	2	2
	9	350	91	347	91	3	0	3
	18	171	446	173	447	2	1	2
	21	420	191	416	188	4	3	5
	26	393	154	391	155	2	1	2
	29	208	370	214	367	6	3	6
	33	321	134	320	130	1	4	4
	40	160	202	160	204	0	2	2
	43	152	443	155	445	3	2	3
	50	400	395	399	392	1	3	3
	54	204	126	203	130	1	4	4
	55	317	105	312	100	5	5	7
	66	420	310	421	309	1	1	1
	69	342	126	338	125	4	1	4
	73	172	140	171	141	1	1	1
	75	122	190	121	192	1	2	2
	79	385	110	385	111	0	1	1
	89	332	111	329	109	3	2	3
	96	180	198	183	202	3	4	5
	97	122	170	119	172	3	2	3
	99	332	101	331	102	1	1	1
	111	405	154	403	150	2	4	4
	113	400	310	402	305	2	5	5
	119	105	192	103	194	2	2	2
	124	335	413	336	410	1	3	3
	127	422	328	425	325	3	3	4
	128	425	122	426	122	1	0	1
	139	330	95	327	93	3	2	3
	140	201	448	202	448	1	0	1
	142	448	384	449	382	1	2	2
	143	234	446	236	448	2	2	2
	144	376	425	377	425	1	0	1
	146	393	138	392	135	1	3	3
	149	120	135	118	137	2	2	2
	153	176	126	174	131	2	5	5

	155	135	425	138	424	3	1	3
	157	345	358	339	354	6	4	7
	166	428	167	428	166	0	1	1
	167	385	175	383	175	2	0	2
	171	192	421	194	421	2	0	2
	173	124	339	127	339	3	0	3
	174	391	101	388	102	3	1	3
	175	200	382	200	386	0	4	4
	180	215	375	222	374	7	1	7
	184	215	138	222	139	7	1	7
	190	140	145	139	145	1	0	1
	198	420	350	422	347	2	3	3
	199	194	407	197	408	3	1	3
	200	222	448	225	454	3	6	6
	201	152	219	153	220	1	1	1
	202	330	395	332	394	2	1	2
	209	104	423	106	421	2	2	2
	210	140	360	140	362	0	2	2
	211	140	335	143	338	3	3	4
	228	365	337	359	331	6	6	8
	238	141	221	137	224	4	3	5
	242	441	143	441	144	0	1	1
	251	401	386	402	386	1	0	1
	261	335	150	333	148	2	2	2
	262	366	379	368	379	2	0	2
	271	380	427	381	424	1	3	3
	273	176	405	179	406	3	1	3
	277	101	394	102	396	1	2	2
	287	422	434	421	430	1	4	4
	292	92	163	93	169	1	6	6
	293	162	455	168	457	6	2	6
	294	182	187	180	190	2	3	3
	295	399	217	399	228	0	11	11
	297	306	94	304	90	2	4	4
	304	78	192	78	193	0	1	1
	305	185	178	183	183	2	5	5
	307	452	125	451	127	1	2	2
	309	200	420	201	423	1	3	3
	324	358	153	357	155	1	2	2
	325	432	365	434	363	2	2	2
	335	204	167	209	171	5	4	6
	336	178	110	178	113	0	3	3
	340	396	441	398	441	2	0	2

	341	434	311	433	310	1	1	1
	345	186	195	190	202	4	7	8
	365	445	387	446	383	1	4	4
	369	380	203	379	205	1	2	2
	374	146	329	148	329	2	0	2
	380	151	168	151	170	0	2	2
	383	108	367	112	367	4	0	4
	386	149	197	145	200	4	3	5
	387	206	378	211	381	5	3	5
	411	135	385	137	382	2	3	3
	414	144	438	145	437	1	1	1
	415	132	346	134	350	2	4	4
	421	358	392	360	391	2	1	2
	426	420	132	418	131	2	1	2
	430	420	415	417	412	3	3	4
	440	422	380	423	379	1	1	1
	445	142	227	142	230	0	3	3
	449	145	213	142	217	3	4	5
	450	215	438	216	439	1	1	1
	453	311	134	309	133	2	1	2
	458	107	150	107	151	0	1	1
	460	324	385	318	380	6	5	7
	464	96	400	99	402	3	2	3
	466	152	221	151	227	1	6	6
	468	413	164	411	165	2	1	2
	474	140	165	139	165	1	0	1
	485	171	462	174	463	3	1	3
	498	362	169	359	167	3	2	3
	501	212	458	211	458	1	0	1
	506	118	175	117	179	1	4	4
	508	185	117	184	120	1	3	3
	520	460	372	461	364	1	8	8
	534	320	82	318	82	2	0	2
	535	333	371	325	364	8	7	10
	546	174	163	171	166	3	3	4
	547	101	163	100	165	1	2	2
	549	453	132	452	132	1	0	1
	550	368	334	367	332	1	2	2
	551	322	138	321	135	1	3	3
	555	333	161	329	161	4	0	4
	557	408	146	405	143	3	3	4
	565	90	180	90	183	0	3	3
	566	410	202	408	201	2	1	2

	571	126	185	126	190	0	5	5
	581	384	121	379	122	5	1	5
	595	168	370	172	371	4	1	4
	597	157	454	159	454	2	0	2
	599	322	160	318	164	4	4	5
	604	418	445	417	443	1	2	2
	606	103	395	105	396	2	1	2
	610	387	393	388	391	1	2	2
	612	110	407	112	408	2	1	2
	614	423	143	422	144	1	1	1
	616	460	335	463	330	3	5	5
	617	152	193	149	194	3	1	3
	618	405	176	406	173	1	3	3
	620	173	408	176	409	3	1	3
	623	308	86	306	85	2	1	2
	628	160	336	162	338	2	2	2
	632	390	183	389	183	1	0	1
	633	453	298	457	296	4	2	4
	640	140	422	145	422	5	0	5
	643	144	438	146	437	2	1	2
	646	220	445	220	447	0	2	2
	648	413	373	413	369	0	4	4
	654	410	395	407	392	3	3	4
	661	336	168	333	165	3	3	4
	667	329	151	328	149	1	2	2
	669	406	400	406	396	0	4	4
	672	410	340	414	338	4	2	4
	675	396	447	396	447	0	0	0
	676	100	241	95	242	5	1	5
	686	97	421	102	419	5	2	5
	689	343	401	346	398	3	3	4
	692	81	180	80	185	1	5	5
	693	432	167	429	167	3	0	3
	703	393	201	392	197	1	4	4
	708	360	391	365	389	5	2	5
	712	164	136	162	140	2	4	4
	715	408	323	412	320	4	3	5
	720	390	204	389	200	1	4	4
	721	189	126	186	127	3	1	3
	728	110	383	113	383	3	0	3
	734	371	346	371	347	0	1	1
	746	393	212	390	217	3	5	5
	750	206	378	211	382	5	4	6

	759	125	401	129	401	4	0	4
	761	85	211	84	214	1	3	3
	763	174	136	172	139	2	3	3
	766	393	435	395	434	2	1	2
	771	118	175	116	179	2	4	4
	782	446	335	447	333	1	2	2
	785	175	401	177	402	2	1	2
	786	200	162	204	165	4	3	5
	787	334	403	335	402	1	1	1
	789	385	413	385	410	0	3	3
	803	340	363	337	356	3	7	7
	807	434	301	440	300	6	1	6
	820	328	127	325	126	3	1	3
	827	226	398	228	401	2	3	3
	828	160	200	159	202	1	2	2
	834	370	383	372	384	2	1	2
	836	370	391	371	388	1	3	3
	839	151	431	153	431	2	0	2
	850	368	194	365	192	3	2	3
	851	337	386	336	385	1	1	1
	855	226	428	228	430	2	2	2
	860	318	122	317	119	1	3	3
	886	88	240	85	241	3	1	3
	890	120	381	122	384	2	3	3
	892	339	151	337	151	2	0	2
	893	427	425	425	424	2	1	2
	897	111	197	112	200	1	3	3
	898	405	310	405	308	0	2	2
	899	121	202	119	206	2	4	4
	905	384	387	383	386	1	1	1
	909	181	416	184	417	3	1	3
	914	154	221	157	227	3	6	6
	915	142	93	141	96	1	3	3
	923	120	230	120	232	0	2	2
	926	154	218	157	221	3	3	4
	928	95	221	91	226	4	5	6
	933	427	308	430	306	3	2	3
	936	153	181	153	184	0	3	3
	939	123	215	122	217	1	2	2
	946	350	351	346	346	4	5	6
	948	435	305	441	302	6	3	6
	958	441	345	445	341	4	4	5
	959	363	177	359	176	4	1	4

	960	335	92	336	92	1	0	1
	963	381	326	381	323	0	3	3
	968	320	125	317	122	3	3	4
	982	175	172	173	172	2	0	2
	989	186	124	186	126	0	2	2
	991	405	202	404	204	1	2	2
	999	186	135	188	140	2	5	5
Algılayıcı Sayısı =217				Ortalama Konumlandırma Hatası =3 cm				

Benzetim Süresi =218 ms

EK-C.4: Senaryo 3 için SeRLoc Algoritması Benzetim Sonuçları

Kesişen Konum Belirleyici	Düğüm	X Tahmin	Y Tahmin	X Gerçek	Y Gerçek	X Hata (cm)	Y Hata (cm)	Ortalama Hata (cm)
İki	1	367	141	435	148	68	7	68
	4	398	367	346	383	52	16	54
	6	172	398	135	355	37	43	56
	12	141	172	111	217	30	45	54
	13	141	172	100	187	41	15	43
	20	398	367	408	380	10	13	16
	22	172	398	157	325	15	73	74
	23	367	141	401	113	34	28	44
	24	172	398	100	413	72	15	73
	30	141	172	101	181	40	9	41
	31	141	172	119	200	22	28	35
	36	172	398	138	346	34	52	62
	38	172	398	240	440	68	42	79
	51	367	141	316	87	51	54	74
	62	172	398	159	392	13	6	14
	63	367	141	413	197	46	56	72
	66	172	398	200	358	28	40	48
	69	141	172	123	193	18	21	27
	75	141	172	125	218	16	46	48
	80	172	398	160	327	12	71	72
	82	172	398	203	442	31	44	53
	89	141	172	193	124	52	48	70
	91	172	398	153	400	19	2	19
	94	141	172	153	216	12	44	45
	100	367	141	396	191	29	50	57
	107	141	172	191	127	50	45	67
	108	141	172	210	171	69	1	69
	111	172	398	180	332	8	66	66
	114	367	141	340	72	27	69	74
	118	141	172	229	153	88	19	90
	119	367	141	406	176	39	35	52
	132	367	141	358	77	9	64	64
	136	398	367	361	357	37	10	38
	147	141	172	144	145	3	27	27
	148	172	398	155	340	17	58	60
	149	398	367	378	371	20	4	20
	151	172	398	212	466	40	68	78
	154	367	141	385	93	18	48	51

	156	172	398	139	441	33	43	54
	158	367	141	323	151	44	10	45
	160	398	367	463	314	65	53	83
	172	141	172	100	218	41	46	61
	182	367	141	419	153	52	12	53
	183	367	141	359	80	8	61	61
	187	172	398	235	464	63	66	91
	201	398	367	412	422	14	55	56
	202	141	172	158	207	17	35	38
	205	367	141	360	78	7	63	63
	207	141	172	122	107	19	65	67
	217	141	172	147	185	6	13	14
	218	172	398	227	388	55	10	55
	236	367	141	434	167	67	26	71
	237	172	398	120	370	52	28	59
	239	367	141	310	104	57	37	67
	244	367	141	383	201	16	60	62
	255	141	172	215	135	74	37	82
	257	398	367	390	381	8	14	16
	262	398	367	323	394	75	27	79
	264	367	141	314	89	53	52	74
	266	367	141	413	105	46	36	58
	270	172	398	170	385	2	13	13
	271	172	398	185	418	13	20	23
	282	398	367	404	445	6	78	78
	288	141	172	152	169	11	3	11
	296	398	367	454	356	56	11	57
	298	367	141	424	125	57	16	59
	302	141	172	131	116	10	56	56
	303	141	172	162	162	21	10	23
	321	398	367	463	302	65	65	91
	322	172	398	194	420	22	22	31
	323	398	367	407	388	9	21	22
	332	367	141	430	125	63	16	65
	335	141	172	217	173	76	1	76
	339	141	172	106	134	35	38	51
	340	398	367	420	390	22	23	31
	345	398	367	346	361	52	6	52
	347	398	367	431	364	33	3	33
	351	367	141	384	109	17	32	36
	352	398	367	412	388	14	21	25
	355	141	172	112	147	29	25	38
	356	172	398	215	458	43	60	73

	362	172	398	148	366	24	32	40
	363	172	398	167	412	5	14	14
	369	367	141	359	138	8	3	8
	370	367	141	355	129	12	12	16
	372	141	172	200	174	59	2	59
	374	172	398	230	387	58	11	59
	378	367	141	344	66	23	75	78
	383	141	172	106	156	35	16	38
	399	367	141	400	144	33	3	33
	407	367	141	376	182	9	41	41
	411	172	398	157	337	15	61	62
	414	367	141	348	77	19	64	66
	419	367	141	370	151	3	10	10
	421	172	398	174	413	2	15	15
	426	141	172	172	212	31	40	50
	434	141	172	143	160	2	12	12
	436	367	141	425	122	58	19	61
	442	367	141	321	155	46	14	48
	443	141	172	123	241	18	69	71
	444	141	172	79	209	62	37	72
	451	398	367	359	348	39	19	43
	452	398	367	454	371	56	4	56
	456	367	141	295	81	72	60	93
	458	367	141	387	197	20	56	59
	464	367	141	382	145	15	4	15
	466	367	141	345	155	22	14	26
	469	172	398	203	452	31	54	62
	471	141	172	176	139	35	33	48
	473	172	398	188	386	16	12	20
	475	172	398	182	353	10	45	46
	478	172	398	131	406	41	8	41
	483	367	141	395	119	28	22	35
	490	367	141	317	157	50	16	52
	493	141	172	173	157	32	15	35
	495	367	141	378	121	11	20	22
	499	172	398	169	364	3	34	34
	503	367	141	373	150	6	9	10
	516	172	398	180	376	8	22	23
	521	367	141	372	153	5	12	13
	527	141	172	121	137	20	35	40
	533	172	398	191	354	19	44	47
	537	141	172	79	249	62	77	98
	538	398	367	435	328	37	39	53

	539	141	172	161	180	20	8	21
	543	398	367	326	397	72	30	78
	545	141	172	143	116	2	56	56
	550	367	141	405	100	38	41	55
	556	367	141	339	142	28	1	28
	561	141	172	97	176	44	4	44
	571	172	398	189	407	17	9	19
	573	367	141	366	80	1	61	61
	588	141	172	151	211	10	39	40
	597	141	172	101	157	40	15	42
	600	141	172	138	116	3	56	56
	604	398	367	415	359	17	8	18
	608	172	398	218	414	46	16	48
	612	398	367	383	349	15	18	23
	614	367	141	340	169	27	28	38
	615	398	367	355	416	43	49	65
	622	367	141	380	121	13	20	23
	626	141	172	92	161	49	11	50
	636	172	398	214	398	42	0	42
	637	367	141	314	142	53	1	53
	643	398	367	368	400	30	33	44
	647	398	367	411	448	13	81	82
	648	172	398	211	388	39	10	40
	649	398	367	436	304	38	63	73
	653	141	172	148	216	7	44	44
	657	141	172	67	192	74	20	76
	663	367	141	353	75	14	66	67
	666	172	398	212	468	40	70	80
	670	367	141	434	125	67	16	68
	674	141	172	75	188	66	16	67
	676	398	367	420	363	22	4	22
	678	398	367	442	294	44	73	85
	687	141	172	189	119	48	53	71
	697	172	398	151	336	21	62	65
	703	367	141	379	128	12	13	17
	711	172	398	188	362	16	36	39
	714	172	398	138	366	34	32	46
	719	141	172	115	198	26	26	36
	721	172	398	187	454	15	56	57
	725	367	141	308	111	59	30	66
	728	398	367	376	349	22	18	28
	734	141	172	98	210	43	38	57
	737	172	398	223	385	51	13	52

	746	398	367	459	309	61	58	84
	748	398	367	441	344	43	23	48
	752	141	172	134	217	7	45	45
	753	398	367	424	362	26	5	26
	757	367	141	368	77	1	64	64
	763	172	398	196	474	24	76	79
	769	172	398	237	402	65	4	65
	789	172	398	182	385	10	13	16
	794	141	172	116	136	25	36	43
	797	398	367	398	310	0	57	57
	801	141	172	108	216	33	44	55
	807	172	398	217	440	45	42	61
	809	398	367	366	375	32	8	32
	816	367	141	361	150	6	9	10
	821	172	398	221	414	49	16	51
	826	172	398	180	434	8	36	36
	832	141	172	101	155	40	17	43
	837	367	141	315	103	52	38	64
	842	398	367	419	390	21	23	31
	848	172	398	196	476	24	78	81
	857	367	141	406	123	39	18	42
	862	367	141	411	123	44	18	47
	864	172	398	222	402	50	4	50
	866	367	141	334	182	33	41	52
	869	141	172	77	198	64	26	69
	880	367	141	319	80	48	61	77
	885	141	172	202	134	61	38	71
	895	172	398	130	401	42	3	42
	896	367	141	338	144	29	3	29
	903	172	398	148	397	24	1	24
	904	398	367	373	379	25	12	27
	910	141	172	162	205	21	33	39
	913	398	367	387	379	11	12	16
	918	398	367	449	386	51	19	54
	945	141	172	191	193	50	21	54
	947	172	398	184	447	12	49	50
	954	141	172	149	206	8	34	34
	958	367	141	337	69	30	72	78
	963	367	141	339	67	28	74	79
	965	172	398	162	390	10	8	12
	975	141	172	157	155	16	17	23
	976	398	367	466	309	68	58	89
	979	398	367	383	422	15	55	57

	987	367	141	356	101	11	40	41
	996	141	172	151	156	10	16	18
	997	172	398	185	435	13	37	39
Algılayıcı Sayısı =213				Ortalama Konumlandırma Hatası =49 cm				

Benzetim Süresi = 218 ms

EK-C.5: Senaryo 3 için DIL Algoritması Benzetim Sonuçları

Düğüm	X Tahmin	Y Tahmin	X Gerçek	Y Gerçek	X Hata (cm)	Y Hata (cm)	Ortalama Hata (cm)
36	52	133	51	135	1	2	2
64	59	204	60	206	1	2	2
76	145	375	148	375	3	0	3
102	364	164	363	166	1	2	2
116	141	406	139	411	2	5	5
140	443	418	446	419	3	1	3
146	436	454	429	447	7	7	9
158	335	180	334	185	1	5	5
164	486	493	487	494	1	1	1
169	428	445	428	444	0	1	1
182	501	486	502	487	1	1	1
193	376	434	371	436	5	2	5
197	482	461	484	463	2	2	2
233	387	434	382	434	5	0	5
234	343	232	341	232	2	0	2
246	330	169	328	172	2	3	3
255	444	432	448	435	4	3	5
261	416	436	414	434	2	2	2
279	319	135	319	138	0	3	3
322	434	457	426	449	8	8	11
344	337	227	335	226	2	1	2
406	462	482	463	482	1	0	1
409	328	179	326	185	2	6	6
415	482	451	483	452	1	1	1
483	468	450	469	451	1	1	1
487	55	143	53	145	2	2	2
504	139	343	140	346	1	3	3
514	86	192	84	198	2	6	6
555	371	440	367	443	4	3	5
613	488	496	489	497	1	1	1
626	125	413	129	414	4	1	4
627	477	485	478	485	1	0	1
643	420	89	420	88	0	1	1
647	452	411	455	413	3	2	3
668	55	213	55	215	0	2	2
710	139	321	141	322	2	1	2
722	417	421	417	421	0	0	0
731	132	359	134	359	2	0	2

744	481	443	482	441	1	2	2
763	159	328	162	330	3	2	3
842	297	105	289	103	8	2	8
846	419	457	417	453	2	4	4
886	461	418	464	420	3	2	3
901	454	421	457	423	3	2	3
902	346	462	354	451	8	11	13
916	472	455	474	457	2	2	2
969	372	439	369	441	3	2	3
980	473	442	474	442	1	0	1
981	431	457	427	453	4	4	5
986	490	495	491	496	1	1	1

Algılayıcı Sayısı =50
Ortalama Konumlandırma Hatası =3 cm
Benzetim Süresi =<1 ms

EK-C.6: Senaryo 3 için RAL Algoritması Benzetim Sonuçları

Düğüm	X Tahmin	Y Tahmin	X Gerçek	Y Gerçek	X Hata (cm)	Y Hata (cm)	Ortalama Hata (cm)
1	182	133	184	137	2	4	4
8	179	412	182	414	3	2	3
10	132	230	131	234	1	4	4
14	460	349	462	344	2	5	5
18	437	128	436	130	1	2	2
20	344	143	340	141	4	2	4
27	85	189	85	194	0	5	5
42	91	159	91	164	0	5	5
48	104	177	103	184	1	7	7
54	132	95	133	98	1	3	3
58	421	434	421	433	0	1	1
63	408	139	405	140	3	1	3
64	404	382	406	378	2	4	4
65	456	311	458	309	2	2	2
66	367	331	367	329	0	2	2
67	101	172	101	176	0	4	4
69	320	390	322	386	2	4	4
75	91	187	90	192	1	5	5
76	185	412	189	413	4	1	4
78	415	114	410	115	5	1	5
82	226	453	229	456	3	3	4
84	121	144	121	147	0	3	3
85	185	463	190	464	5	1	5
86	155	155	156	159	1	4	4
91	151	193	150	196	1	3	3
93	150	450	153	451	3	1	3
104	444	396	445	390	1	6	6
105	404	329	406	327	2	2	2
108	108	237	104	242	4	5	6
110	354	127	351	126	3	1	3
112	380	218	378	221	2	3	3
114	170	433	174	435	4	2	4
119	208	151	208	157	0	6	6
120	196	121	199	125	3	4	5
123	210	386	213	388	3	2	3
126	324	130	323	132	1	2	2
128	331	407	333	403	2	4	4
137	364	196	361	200	3	4	5

138	91	215	89	220	2	5	5
141	202	172	200	176	2	4	4
142	464	349	465	346	1	3	3
143	142	345	148	344	6	1	6
149	424	306	426	304	2	2	2
150	162	447	167	449	5	2	5
154	364	352	363	350	1	2	2
155	387	90	384	89	3	1	3
156	111	234	110	238	1	4	4
158	172	214	171	218	1	4	4
163	131	178	130	184	1	6	6
174	122	118	123	123	1	5	5
179	411	444	410	440	1	4	4
181	184	377	189	378	5	1	5
182	451	352	454	347	3	5	5
187	401	155	399	157	2	2	2
191	85	180	83	187	2	7	7
196	398	358	401	355	3	3	4
197	166	388	169	389	3	1	3
200	166	409	171	411	5	2	5
203	107	148	108	153	1	5	5
210	372	177	371	178	1	1	1
213	123	126	124	131	1	5	5
215	149	395	152	396	3	1	3
216	354	390	354	388	0	2	2
217	109	147	109	149	0	2	2
218	192	144	191	149	1	5	5
220	351	392	352	389	1	3	3
223	91	238	88	244	3	6	6
233	328	163	324	162	4	1	4
236	433	134	431	134	2	0	2
244	325	123	322	122	3	1	3
245	353	190	349	191	4	1	4
247	382	356	382	354	0	2	2
252	447	378	448	374	1	4	4
253	185	446	188	448	3	2	3
254	104	144	103	148	1	4	4
264	341	390	344	387	3	3	4
266	342	174	340	173	2	1	2
273	185	144	184	149	1	5	5
280	126	336	130	334	4	2	4
282	144	184	143	189	1	5	5
301	162	112	163	115	1	3	3

308	345	406	346	403	1	3	3
310	104	395	106	394	2	1	2
317	116	179	115	183	1	4	4
319	362	102	359	103	3	1	3
323	430	174	428	178	2	4	4
325	381	424	382	422	1	2	2
326	371	404	370	401	1	3	3
328	198	135	196	139	2	4	4
330	188	423	193	425	5	2	5
333	122	220	119	224	3	4	5
338	360	382	361	378	1	4	4
340	413	428	413	426	0	2	2
343	334	364	336	359	2	5	5
346	126	99	128	102	2	3	3
355	448	334	450	331	2	3	3
356	131	116	131	120	0	4	4
358	112	397	117	396	5	1	5
361	329	92	326	90	3	2	3
362	151	207	152	212	1	5	5
364	436	154	432	156	4	2	4
366	405	447	406	443	1	4	4
380	190	372	194	371	4	1	4
386	392	324	393	321	1	3	3
395	370	123	368	125	2	2	2
397	110	123	111	128	1	5	5
398	154	120	153	124	1	4	4
399	107	139	107	145	0	6	6
410	134	155	132	159	2	4	4
417	238	453	242	457	4	4	5
423	99	168	98	171	1	3	3
426	313	97	311	97	2	0	2
428	313	97	310	95	3	2	3
434	200	357	205	360	5	3	5
435	204	449	208	451	4	2	4
436	415	390	415	386	0	4	4
445	194	128	195	132	1	4	4
448	115	155	115	160	0	5	5
453	389	431	387	429	2	2	2
457	399	226	396	231	3	5	5
460	189	356	193	356	4	0	4
464	163	196	163	201	0	5	5
467	228	384	231	389	3	5	5
471	193	181	192	187	1	6	6

475	134	388	136	389	2	1	2
476	443	365	446	359	3	6	6
480	144	391	147	391	3	0	3
485	179	386	184	387	5	1	5
487	320	100	318	98	2	2	2
493	381	419	380	414	1	5	5
499	140	411	144	410	4	1	4
500	460	366	462	361	2	5	5
503	124	429	126	429	2	0	2
504	79	166	79	170	0	4	4
510	216	137	219	141	3	4	5
511	406	316	409	312	3	4	5
521	381	131	379	130	2	1	2
525	417	183	416	184	1	1	1
529	195	344	197	345	2	1	2
532	438	378	438	376	0	2	2
535	346	128	343	127	3	1	3
539	364	144	362	145	2	1	2
542	122	118	122	120	0	2	2
547	145	399	148	401	3	2	3
550	433	356	434	353	1	3	3
557	170	205	168	211	2	6	6
560	410	433	411	428	1	5	5
570	354	106	352	106	2	0	2
571	149	140	149	143	0	3	3
573	158	144	161	148	3	4	5
578	445	359	446	356	1	3	3
589	215	398	220	401	5	3	5
596	151	142	150	146	1	4	4
598	95	416	98	415	3	1	3
603	300	90	297	87	3	3	4
606	174	210	174	214	0	4	4
609	349	376	350	373	1	3	3
612	378	351	379	348	1	3	3
613	400	413	399	410	1	3	3
615	203	410	206	411	3	1	3
617	163	216	163	219	0	3	3
622	116	423	118	423	2	0	2
632	395	328	399	325	4	3	5
671	111	224	110	228	1	4	4
674	375	353	377	351	2	2	2
681	225	424	228	425	3	1	3
683	158	433	163	435	5	2	5

688	427	302	432	299	5	3	5
692	77	185	77	191	0	6	6
693	172	207	173	211	1	4	4
694	356	372	356	370	0	2	2
695	140	110	142	113	2	3	3
696	127	401	131	400	4	1	4
698	133	200	134	205	1	5	5
699	187	364	191	363	4	1	4
700	131	162	131	167	0	5	5
705	214	412	219	415	5	3	5
707	187	468	192	470	5	2	5
708	92	241	91	244	1	3	3
709	395	399	393	396	2	3	3
712	449	346	451	342	2	4	4
713	369	198	364	199	5	1	5
715	107	190	107	194	0	4	4
716	143	183	141	188	2	5	5
726	408	310	411	308	3	2	3
734	142	434	145	435	3	1	3
737	467	348	470	343	3	5	5
738	219	400	223	404	4	4	5
739	406	171	402	172	4	1	4
743	380	354	380	351	0	3	3
748	124	233	121	237	3	4	5
766	176	199	176	204	0	5	5
768	426	181	423	181	3	0	3
784	81	207	80	212	1	5	5
796	90	212	87	218	3	6	6
801	173	366	177	368	4	2	4
809	415	404	416	401	1	3	3
814	117	358	120	355	3	3	4
825	101	385	105	382	4	3	5
826	191	395	194	396	3	1	3
827	77	206	75	212	2	6	6
831	359	335	362	332	3	3	4
835	348	85	344	83	4	2	4
837	441	396	442	390	1	6	6
846	369	415	371	412	2	3	3
853	399	390	399	386	0	4	4
861	144	321	149	322	5	1	5
866	332	102	329	101	3	1	3
874	407	346	409	343	2	3	3
876	213	170	212	175	1	5	5

878	372	91	369	91	3	0	3
890	319	395	320	390	1	5	5
891	326	129	323	130	3	1	3
893	392	129	388	130	4	1	4
899	119	103	122	107	3	4	5
901	128	340	131	340	3	0	3
913	397	324	401	320	4	4	5
932	368	145	366	147	2	2	2
933	160	129	160	133	0	4	4
939	422	358	424	353	2	5	5
947	131	377	135	379	4	2	4
949	364	415	363	412	1	3	3
955	99	132	99	135	0	3	3
956	418	153	414	155	4	2	4
960	402	380	402	377	0	3	3
965	146	159	146	164	0	5	5
969	353	163	350	166	3	3	4
973	207	357	212	360	5	3	5
983	357	406	357	402	0	4	4
984	218	451	223	455	5	4	6
988	341	179	338	180	3	1	3

Algılayıcı Sayısı =231
Ortalama Konumlandırma Hatası =3 cm
Benzetim Süresi = <1 ms

EK-C.7: Senaryo 3 için PTA Algoritması Benzetim Sonuçları

Düğüm	X Tahmin	Y Tahmin	X Gerçek	Y Gerçek	X Hata (cm)	Y Hata (cm)	Ortalama Hata (cm)
11	138	412	148	409	10	3	10
15	161	378	161	376	0	2	2
30	146	117	147	128	1	11	11
32	357	357	361	366	4	9	9
37	353	164	354	162	1	2	2
43	170	393	170	392	0	1	1
73	146	369	140	369	6	0	6
76	364	180	365	181	1	1	1
77	219	371	210	372	9	1	9
97	393	170	388	177	5	7	8
105	356	198	364	197	8	1	8
117	138	412	145	410	7	2	7
126	117	393	111	393	6	0	6
137	168	321	171	332	3	11	11
144	186	384	179	378	7	6	9
146	145	426	144	421	1	5	5
157	219	168	211	173	8	5	9
166	117	146	113	141	4	5	6
167	377	200	370	196	7	4	8
177	369	393	364	389	5	4	6
178	378	378	383	373	5	5	7
185	166	184	170	189	4	5	6
199	184	200	179	203	5	3	5
200	384	186	385	195	1	9	9
204	368	347	360	333	8	14	16
206	160	407	157	403	3	4	5
207	356	198	361	188	5	10	11
276	152	136	159	141	7	5	8
319	392	147	390	144	2	3	3
328	399	399	411	408	12	9	15
339	364	180	360	168	4	12	12
351	174	146	171	136	3	10	10
374	184	200	182	208	2	8	8
384	147	147	150	145	3	2	3
428	357	357	358	365	1	8	8
438	131	383	134	374	3	9	9
446	356	198	354	202	2	4	4
450	406	137	405	130	1	7	7

469	158	187	151	187	7	0	7
471	368	322	369	334	1	12	12
476	383	131	376	137	7	6	9
477	368	322	377	321	9	1	9
483	168	321	162	330	6	9	10
484	384	186	383	194	1	8	8
490	407	160	401	168	6	8	10
515	384	334	384	342	0	8	8
538	186	384	185	377	1	7	7
540	339	377	344	368	5	9	10
555	184	200	191	195	7	5	8
575	132	160	141	164	9	4	9
578	158	187	166	188	8	1	8
580	385	400	384	400	1	0	1
587	338	364	346	356	8	8	11
632	164	353	157	345	7	8	10
634	174	146	169	146	5	0	5
637	198	356	195	364	3	8	8
648	180	364	179	368	1	4	4
668	383	131	379	126	4	5	6
678	184	200	184	194	0	6	6
695	186	160	197	157	11	3	11
717	174	146	182	145	8	1	8
757	338	364	341	353	3	11	11
763	353	164	352	168	1	4	4
767	219	168	215	167	4	1	4
778	219	168	215	176	4	8	8
784	169	153	163	149	6	4	7
787	200	184	193	188	7	4	8
788	160	132	164	140	4	8	8
797	347	171	353	169	6	2	6
811	172	175	184	180	12	5	13
812	198	356	196	359	2	3	3
843	132	160	138	159	6	1	6
845	354	381	356	388	2	7	7
860	377	339	375	339	2	0	2
877	160	132	162	143	2	11	11
890	172	175	177	178	5	3	5
892	371	219	374	219	3	0	3
894	200	184	206	180	6	4	7
918	378	161	389	159	11	2	11
951	219	371	221	374	2	3	3
957	158	187	165	197	7	10	12

972	153	169	150	166	3	3	4
973	400	154	395	157	5	3	5
985	334	155	346	150	12	5	13
988	161	378	168	378	7	0	7
994	146	369	142	368	4	1	4

Algılayıcı Sayısı =86
Ortalama Konumlandırma Hatası =7 cm
Benzetim Süresi =15 ms

EK-D.1: Senaryo 4 için Centroid Algoritması Benzetim Sonuçları

Kesişen Konum Belirleyici	Düğüm	X Tahmin	Y Tahmin	X Gerçek	Y Gerçek	X Hata (cm)	Y Hata (cm)	Ortalama Hata (cm)
İki	0	145	20	58	16	87	4	87
	1	395	20	370	60	25	40	47
	2	395	395	335	282	60	113	127
	3	395	520	311	502	84	18	85
	5	520	145	508	159	12	14	18
	6	395	20	369	42	26	22	34
	9	395	395	297	290	98	105	143
	12	520	145	547	126	27	19	33
	13	145	20	220	38	75	18	77
	15	20	395	69	291	49	104	114
	17	145	145	234	236	89	91	127
	18	145	395	234	321	89	74	115
	20	145	20	180	5	35	15	38
	22	20	395	55	386	35	9	36
	23	20	145	54	226	34	81	87
	24	395	520	298	448	97	72	120
	25	145	520	227	419	82	101	130
	27	395	145	306	209	89	64	109
	28	520	395	525	368	5	27	27
	30	20	145	92	251	72	106	128
	32	520	145	514	179	6	34	34
	33	395	145	286	253	109	108	153
	34	395	20	392	20	3	0	3
	36	20	395	26	364	6	31	31
	38	145	145	221	245	76	100	125
	43	520	145	531	96	11	49	50
	44	395	20	371	9	24	11	26
	45	395	395	313	376	82	19	84
	54	145	145	230	172	85	27	89
	55	20	145	13	240	7	95	95
	58	520	395	531	307	11	88	88
	59	20	395	19	301	1	94	94
	60	145	145	243	170	98	25	101
	61	520	395	485	353	35	42	54
	62	395	395	288	309	107	86	137
	64	20	145	13	217	7	72	72
	65	395	520	318	446	77	74	106
	67	520	395	568	284	48	111	120

	69	145	20	123	21	22	1	22
	70	395	520	332	515	63	5	63
	72	520	145	577	51	57	94	109
	73	520	145	506	263	14	118	118
	75	520	145	533	49	13	96	96
	76	395	20	298	115	97	95	135
	77	145	520	200	489	55	31	63
	80	395	395	304	288	91	107	140
	84	520	395	561	354	41	41	57
	85	520	395	576	447	56	52	76
	86	145	520	217	526	72	6	72
	87	520	145	577	237	57	92	108
	88	395	395	312	277	83	118	144
	91	395	395	342	290	53	105	117
	92	395	145	283	246	112	101	150
	93	145	145	194	254	49	109	119
	97	395	20	299	20	96	0	96
	98	20	395	30	420	10	25	26
	99	395	520	317	436	78	84	114
	100	145	20	191	77	46	57	73
	101	395	520	306	508	89	12	89
	102	395	20	279	45	116	25	118
	106	145	395	242	309	97	86	129
	108	520	145	552	206	32	61	68
	109	395	145	294	170	101	25	104
	110	520	145	490	157	30	12	32
	111	520	395	564	482	44	87	97
	112	520	395	528	462	8	67	67
	114	395	520	281	512	114	8	114
	116	520	395	566	450	46	55	71
	117	20	395	51	303	31	92	97
	119	20	145	42	219	22	74	77
	124	520	395	556	378	36	17	39
	125	20	395	49	351	29	44	52
	128	20	395	100	327	80	68	104
	129	20	395	32	323	12	72	72
	130	145	395	190	306	45	89	99
	131	20	145	26	135	6	10	11
	132	395	395	291	342	104	53	116
	133	145	395	167	301	22	94	96
	136	145	20	188	55	43	35	55
	137	395	20	331	22	64	2	64
	138	20	145	22	62	2	83	83

	142	520	395	516	393	4	2	4
	145	145	395	236	310	91	85	124
	146	395	145	338	246	57	101	115
	148	395	20	450	11	55	9	55
	149	145	20	215	18	70	2	70
	151	20	145	8	139	12	6	13
	154	395	520	384	500	11	20	22
	155	20	145	7	34	13	111	111
	156	145	395	220	338	75	57	94
	157	145	20	260	43	115	23	117
	162	145	20	177	16	32	4	32
	164	20	145	10	213	10	68	68
	165	145	20	153	14	8	6	10
	167	145	20	119	14	26	6	26
	168	145	520	143	491	2	29	29
	172	20	145	29	186	9	41	41
	173	145	520	123	501	22	19	29
	177	520	395	486	361	34	34	48
	178	145	395	264	296	119	99	154
	179	520	145	554	51	34	94	99
	180	20	145	10	257	10	112	112
	182	395	520	399	522	4	2	4
	184	145	145	255	228	110	83	137
	185	520	145	483	249	37	104	110
	187	145	520	211	490	66	30	72
	189	145	520	240	506	95	14	96
	191	395	520	490	528	95	8	95
	193	145	20	215	76	70	56	89
	194	145	395	221	278	76	117	139
	196	520	395	563	305	43	90	99
	199	145	20	144	34	1	14	14
Algılayıcı Sayısı =112				Ortalama Konumlandırma Hatası =81 cm				

Üç	8	103	103	151	113	48	10	49
	10	103	436	123	374	20	62	65
	11	103	436	72	500	31	64	71
	14	436	103	354	86	82	17	83
	16	436	103	468	89	32	14	34
	19	103	436	101	437	2	1	2
	21	103	436	193	351	90	85	123
	26	436	436	366	336	70	100	122
	29	103	103	98	185	5	82	82

	31	103	436	200	420	97	16	98
	35	103	436	170	347	67	89	111
	37	103	103	142	112	39	9	40
	39	436	103	497	118	61	15	62
	40	103	436	88	505	15	69	70
	41	436	436	323	405	113	31	117
	42	436	103	445	173	9	70	70
	47	436	436	390	443	46	7	46
	49	436	436	449	401	13	35	37
	50	103	436	141	326	38	110	116
	52	436	436	325	390	111	46	120
	53	436	436	437	500	1	64	64
	56	436	436	485	501	49	65	81
	57	103	103	119	109	16	6	17
	63	103	103	128	116	25	13	28
	66	436	103	398	58	38	45	58
	68	103	103	123	43	20	60	63
	71	436	103	453	171	17	68	70
	78	436	103	451	48	15	55	57
	82	436	103	450	96	14	7	15
	83	436	436	444	390	8	46	46
	89	436	103	390	217	46	114	122
	90	436	436	411	383	25	53	58
	94	436	103	442	34	6	69	69
	95	436	103	439	69	3	34	34
	96	103	103	55	125	48	22	52
	104	103	436	128	475	25	39	46
	105	103	103	227	140	124	37	129
	107	103	436	160	424	57	12	58
	113	436	103	439	78	3	25	25
	115	103	436	234	395	131	41	137
	118	103	436	117	334	14	102	102
	120	436	436	433	431	3	5	5
	121	103	436	154	458	51	22	55
	126	103	103	170	124	67	21	70
	135	436	103	351	174	85	71	110
	139	103	103	143	222	40	119	125
	140	103	103	98	135	5	32	32
	141	103	436	109	408	6	28	28
	144	436	103	506	29	70	74	101
	147	103	103	54	95	49	8	49
	150	103	103	127	80	24	23	33
	152	103	436	67	400	36	36	50

	153	103	103	200	105	97	2	97
	158	103	103	230	145	127	42	133
	159	103	436	211	403	108	33	112
	163	436	436	432	456	4	20	20
	166	436	103	432	117	4	14	14
	169	436	103	384	76	52	27	58
	170	103	103	234	143	131	40	136
	171	103	436	55	492	48	56	73
	176	436	436	380	323	56	113	126
	181	103	103	110	142	7	39	39
	183	103	103	185	89	82	14	83
	186	436	103	354	122	82	19	84
	190	436	436	473	424	37	12	38
	192	436	436	360	398	76	38	84
	195	436	436	331	365	105	71	126
	197	103	436	76	486	27	50	56
	198	103	436	51	438	52	2	52
Algılayıcı Sayısı =69				Ortalama Konumlandırma Hatası =70 cm				

Benzetim Süresi =<1 ms

EK-D.2: Senaryo 4 için ADLA Algoritması Benzetim Sonuçları

Düğüm	X Tahmin	Y Tahmin	X Gerçek	Y Gerçek	X Hata (cm)	Y Hata (cm)	Ortalama Hata (cm)
0	438	333	453	349	15	16	21
1	121	326	63	388	58	62	84
3	420	347	400	312	20	35	40
5	379	163	400	145	21	18	27
8	62	75	55	81	7	6	9
9	423	94	442	115	19	21	28
10	138	348	91	397	47	49	67
11	350	400	411	455	61	55	82
14	64	78	80	63	16	15	21
15	165	210	191	188	26	22	34
18	74	478	59	463	15	15	21
22	163	411	126	374	37	37	52
23	216	120	148	58	68	62	92
24	244	486	257	478	13	8	15
25	421	346	421	347	0	1	1
29	207	127	144	69	63	58	85
30	387	173	334	202	53	29	60
32	416	211	449	181	33	30	44
34	52	245	57	251	5	6	7
36	93	115	70	130	23	15	27
38	131	338	204	300	73	38	82
39	358	394	376	416	18	22	28
42	168	387	227	357	59	30	66
45	83	472	62	452	21	20	29
48	116	145	102	155	14	10	17
49	182	396	217	463	35	67	75
50	432	405	477	381	45	24	51
53	326	419	314	403	12	16	20
55	407	199	398	207	9	8	12
56	415	209	348	246	67	37	76
57	347	403	369	428	22	25	33
58	334	104	295	123	39	19	43
59	437	83	422	57	15	26	30
61	46	500	43	496	3	4	5
63	340	112	340	113	0	1	1
64	161	204	172	196	11	8	13
66	135	432	116	410	19	22	29
69	142	427	164	465	22	38	43

73	194	137	151	94	43	43	60
74	209	125	163	79	46	46	65
76	354	129	327	146	27	17	31
79	322	422	349	452	27	30	40
83	120	444	115	437	5	7	8
92	148	187	83	222	65	35	73
95	118	322	75	364	43	42	60
96	149	171	178	227	29	56	63
98	97	120	76	134	21	14	25
101	414	207	392	223	22	16	27
105	420	346	411	334	9	12	15
108	207	127	235	172	28	45	53
109	205	378	177	346	28	32	42
110	103	128	77	145	26	17	31
112	413	207	429	195	16	12	20
117	148	187	83	221	65	34	73
120	217	369	247	418	30	49	57
121	397	186	362	208	35	22	41
125	206	377	236	427	30	50	58
127	385	170	419	137	34	33	47
129	384	375	394	388	10	13	16
131	461	65	472	78	11	13	17
132	116	145	135	129	19	16	24
134	464	313	468	318	4	5	6
135	468	452	451	469	17	17	24
136	154	417	156	419	2	2	2
137	141	178	137	182	4	4	5
139	96	119	76	132	20	13	23
141	62	238	68	247	6	9	10
143	328	417	305	382	23	35	41
153	319	84	316	87	3	3	4
154	79	225	60	206	19	19	26
156	407	199	345	233	62	34	70
157	216	119	260	207	44	88	98
158	183	145	210	190	27	45	52
159	204	379	223	406	19	27	33
160	447	424	416	458	31	34	46
161	57	492	55	489	2	3	3
162	375	381	393	402	18	21	27
164	363	142	353	150	10	8	12
167	209	125	194	107	15	18	23
168	171	217	227	158	56	59	81
175	375	381	347	331	28	50	57

176	76	227	63	213	13	14	19
177	509	28	510	30	1	2	2
179	82	473	87	479	5	6	7
184	95	118	65	136	30	18	34
186	316	81	322	77	6	4	7
188	119	323	144	305	25	18	30
189	382	376	376	368	6	8	10
190	216	369	194	343	22	26	34
192	381	376	396	394	15	18	23
194	374	155	379	152	5	3	5
195	140	428	115	402	25	26	36
196	85	470	90	476	5	6	7
197	412	206	449	172	37	34	50
198	456	436	471	426	15	10	18

Algılayıcı Sayısı =95
Ortalama Konumlandırma Hatası =35 cm
Benzetim Süresi = <1 ms

EK-D.3: Senaryo 4 için HiRLoc Algoritması Benzetim Sonuçları

Kesişen Konum Belirleyici	Düğüm	X Tahmin	Y Tahmin	X Gerçek	Y Gerçek	X Hata (cm)	Y Hata (cm)	Ortalama Hata (cm)
İki	1	398	212	396	212	2	0	2
	3	190	165	190	166	0	1	1
	7	215	375	220	374	5	1	5
	8	401	316	404	313	3	3	4
	9	185	435	191	435	6	0	6
	14	170	176	171	178	1	2	2
	18	450	387	450	382	0	5	5
	20	95	245	91	247	4	2	4
	24	397	430	400	427	3	3	4
	32	120	407	120	410	0	3	3
	33	365	135	362	134	3	1	3
	37	392	217	390	232	2	15	15
	42	411	435	412	432	1	3	3
	56	147	202	146	206	1	4	4
	59	153	206	155	208	2	2	2
	63	466	341	468	338	2	3	3
	68	153	191	152	192	1	1	1
	74	355	145	355	146	0	1	1
	76	447	390	449	387	2	3	3
	81	393	425	394	423	1	2	2
	83	365	75	363	75	2	0	2
	84	160	366	161	367	1	1	1
	85	173	427	179	429	6	2	6
	93	136	385	139	385	3	0	3
	104	142	227	144	231	2	4	4
	105	208	415	212	419	4	4	5
	108	147	387	150	389	3	2	3
	125	213	144	218	147	5	3	5
	127	376	174	374	173	2	1	2
	137	191	406	193	405	2	1	2
	141	426	316	431	313	5	3	5
	146	340	98	339	95	1	3	3
	147	126	340	130	345	4	5	6
	150	405	132	406	132	1	0	1
	153	304	117	302	113	2	4	4
	164	399	363	399	361	0	2	2
	165	400	172	399	172	1	0	1

	168	391	419	394	419	3	0	3
	170	423	143	420	145	3	2	3
	172	355	75	352	72	3	3	4
	178	432	383	433	384	1	1	1
	181	306	94	304	91	2	3	3
	183	167	200	162	202	5	2	5
	192	426	325	427	325	1	0	1
	197	348	420	351	417	3	3	4
Algılayıcı Sayısı =45				Ortalama Konumlandırma Hatası =3 cm				

Benzetim Süresi = 62 ms

EK-D.4: Senaryo 4 için SeRLoc Algoritması Benzetim Sonuçları

Kesişen Konum Belirleyici	Düğüm	X Tahmin	Y Tahmin	X Gerçek	Y Gerçek	X Hata (cm)	Y Hata (cm)	Ortalama Hata (cm)
İki	8	367	141	302	103	65	38	75
	12	398	367	427	399	29	32	43
	13	398	367	411	337	13	30	32
	23	141	172	134	196	7	24	25
	25	367	141	348	198	19	57	60
	26	398	367	334	379	64	12	65
	30	141	172	206	152	65	20	68
	35	367	141	387	224	20	83	85
	36	141	172	99	178	42	6	42
	37	172	398	147	311	25	87	90
	43	141	172	169	154	28	18	33
	51	398	367	413	351	15	16	21
	53	141	172	122	132	19	40	44
	61	141	172	206	132	65	40	76
	63	367	141	370	150	3	9	9
	64	367	141	419	169	52	28	59
	66	172	398	232	410	60	12	61
	68	367	141	368	108	1	33	33
	74	172	398	165	320	7	78	78
	77	141	172	169	110	28	62	68
	79	367	141	360	165	7	24	25
	81	367	141	304	85	63	56	84
	89	172	398	221	466	49	68	83
	97	367	141	389	125	22	16	27
	99	367	141	402	221	35	80	87
	102	141	172	135	153	6	19	19
	109	141	172	206	140	65	32	72
	111	141	172	126	112	15	60	61
	112	141	172	169	116	28	56	62
	115	367	141	366	80	1	61	61
	117	172	398	139	429	33	31	45
	130	367	141	369	168	2	27	27
	138	172	398	239	457	67	59	89
	151	172	398	198	448	26	50	56
	158	141	172	173	206	32	34	46
	162	398	367	390	359	8	8	11

	167	367	141	388	108	21	33	39
	181	367	141	316	103	51	38	63
	184	398	367	435	359	37	8	37
	189	398	367	459	305	61	62	86
	192	367	141	343	182	24	41	47
	199	367	141	351	185	16	44	46
Algılayıcı Sayısı = 42				Ortalama Konumlandırma Hatası =53 cm				

Benzetim Süresi = 62 ms

EK-D.5: Senaryo 4 için DIL Algoritması Benzetim Sonuçları

Düğüm	X Tahmin	Y Tahmin	X Gerçek	Y Gerçek	X Hata (cm)	Y Hata (cm)	Ortalama Hata (cm)
16	422	307	425	304	3	3	4
45	398	120	398	121	0	1	1
47	456	331	455	331	1	0	1
52	31	43	31	43	0	0	0
80	42	49	41	50	1	1	1
85	221	184	224	188	3	4	5
107	121	482	122	484	1	2	2
108	485	76	484	78	1	2	2
126	171	442	173	444	2	2	2
141	472	145	469	150	3	5	5
157	476	297	476	297	0	0	0
159	110	451	112	453	2	2	2
169	50	103	50	105	0	2	2
172	467	358	467	357	0	1	1
177	466	362	466	361	0	1	1
195	403	120	403	121	0	1	1

Algılayıcı Sayısı =16
Ortalama Konumlandırma Hatası =1 cm
Benzetim Süresi = <1 ms

EK-D.6: Senaryo 4 için RAL Algoritması Benzetim Sonuçları

Düğüm	X Tahmin	Y Tahmin	X Gerçek	Y Gerçek	X Hata (cm)	Y Hata (cm)	Ortalama Hata (cm)
0	199	170	199	176	0	6	6
2	367	194	363	194	4	0	4
8	402	99	398	99	4	0	4
10	388	119	385	118	3	1	3
16	104	404	106	404	2	0	2
18	330	366	332	363	2	3	3
21	348	144	346	145	2	1	2
29	126	141	127	145	1	4	4
30	123	147	124	151	1	4	4
31	131	97	134	101	3	4	5
33	155	155	156	160	1	5	5
37	454	317	456	316	2	1	2
39	403	334	404	331	1	3	3
40	123	89	126	93	3	4	5
54	223	146	227	151	4	5	6
58	312	390	313	386	1	4	4
60	312	141	310	140	2	1	2
62	364	128	360	128	4	0	4
65	438	116	436	117	2	1	2
66	327	405	324	401	3	4	5
69	136	395	140	394	4	1	4
72	131	84	134	87	3	3	4
77	238	422	240	425	2	3	3
88	372	428	373	424	1	4	4
92	359	341	360	337	1	4	4
94	199	403	203	403	4	0	4
110	98	203	98	208	0	5	5
111	182	142	182	146	0	4	4
117	96	411	100	409	4	2	4
121	100	228	98	231	2	3	3
122	352	151	348	151	4	0	4
130	204	179	203	184	1	5	5
144	201	137	204	141	3	4	5
145	395	121	390	121	5	0	5
153	427	147	425	149	2	2	2
154	177	118	177	120	0	2	2
155	399	120	396	121	3	1	3

157	197	126	196	129	1	3	3
158	240	452	243	457	3	5	5
159	312	87	309	85	3	2	3
164	360	119	358	119	2	0	2
175	147	345	150	345	3	0	3
176	149	399	151	399	2	0	2
178	201	402	204	404	3	2	3
180	406	307	407	304	1	3	3
182	103	126	104	129	1	3	3
190	356	103	353	102	3	1	3
193	111	117	112	121	1	4	4

Algılayıcı Sayısı =48
Ortalama Konumlandırma Hatası =3 cm
Benzetim Süresi = <1 ms

EK-D.7: Senaryo 4 için PTA Algoritması Benzetim Sonuçları

Düğüm	X Tahmin	Y Tahmin	X Gerçek	Y Gerçek	X Hata (cm)	Y Hata (cm)	Ortalama Hata (cm)
9	368	347	357	337	11	10	14
17	321	168	326	162	5	6	7
61	186	160	194	168	8	8	11
68	184	200	181	191	3	9	9
69	378	161	379	159	1	2	2
80	400	154	404	153	4	1	4
83	138	412	145	409	7	3	7
92	175	338	184	344	9	6	10
107	378	161	380	166	2	5	5
123	357	357	359	370	2	13	13
124	136	152	141	158	5	6	7
128	371	154	373	155	2	1	2
139	364	180	360	175	4	5	6
141	186	384	191	389	5	5	7
152	132	160	136	166	4	6	7
153	399	399	402	406	3	7	7
155	338	175	347	189	9	14	16
156	384	186	389	188	5	2	5
160	132	160	130	164	2	4	4
173	167	196	171	204	4	8	8
181	338	364	345	351	7	13	14
197	383	131	377	127	6	4	7

Algılayıcı Sayısı =22
Ortalama Konumlandırma Hatası =7 cm
Benzetim Süresi = <1 ms

KAYNAKLAR

Ahvar, E., Daneshgar-Moghaddam, N., Ortiz, A. M. & Lee, G. M. (2016). *On Analyzing User Location Discovery Methods in Smart Homes: A Taxonomy and Survey. Journal of Network and Computer Applications,* 76, 75-86.

Akyıldız, I. F. & Vuran, M. C. (2010). *Wireless Sensor Networks.* New Jersey, ABD: John Wiley& Sons.

Akyıldız, I. F., Su, W., Sankarasubramaniam, Y. & Çayırcı, E. (2002a). *Wireless Sensor Networks: A Survey. Computer Networks*, 38(4), 393-422.

Akyıldız, I. F., Su, W., Sankarasubramaniam, Y. & Çayırcı, E. (2002b). *A Survey on Sensor Networks. IEEE Communications Magazine,* 40(8), 102-114.

Alrajeh, N. A., Bashir, M. & Shams, B. (2013). *Localization Techniques in Wireless Sensor Networks. International Journal of Distributed Sensor Networks*, 9(6).

Ammar, W., Eidawy, A. & Youssef, M. (2010). *Secure Localization in Wireless Sensor Networks: A Survey,* arXiv:1004.3164v1.

Boukerche, A. (2009). *Algorithms and Protocols for Wireless Sensor Networks***.** New Jersey, ABD: John Wiley & Sons.

Boukerche, A., Oliveira, H. A. B. F., Nakamura, E. F., & Loureiro, A. A. F. (2007). *Localization Systems for Wireless Sensor Networks. Wireless Communication*, 14(6), 6-12.

Chowdhury, T. J. S., Elkin, C., Devabhaktuni, V. & Rawat, D. B. (2016). *Advances on Localization Techniques for Wireless Sensor Networks: A Survey. Computer Networks,* 110, 284-305.

Cotera, P., Velazquez, M., Cruz, D., Medina, L. & Bandala, M. (2016). *Indoor Robot Positioning Using an Enhanced Trilateration Algorithm. International Journal of Advanced Robotic Systems,* 13, 3.

Di Rocco, M. & Pascucci, F. (2010). *Probabilistic Localization in Sensor Networks Using Distributed Kalman Filter. IFAC Proceeding Volumes*, 43(16), 366-371.

Dijkstra, E. W. (1959). *A Note On Two Problems in Connexion With Graphs. Numerische Mathematik*, 1, 269-271.

Eker, D., Savran, D. & Tuna, G. (2017). *A Review of Localization Problem and Localization Algorithms in Wireless Sensor Networks. International Conference on Research in Education & Science,* Kuşadası, Türkiye.

Floyd, R. W. (1962). *Algorithm 97: Shortest Path. Communications of the ACM.,* 5(6), 345.

Gholami, M. R. (2011). *Positioning Algorithms for Wireless Sensor Networks. Thesis of the degree of Licentiate of Engineering, CHALMERS University of Technology, Sweden.*

Halder, S. & Ghosal, A. (2016). *A Survey on Mobility-assisted Localization Techniques in Wireless Sensor Network. Journal of Network and Computer Applications*. 60, 82-94.

http://ptolemy.eecs.berkeley.edu/ptolemyII/ [Erişim: 10.02.2017]

http://ptolemy.eecs.berkeley.edu/viptos/ [Erişim: 10.02.2017]

http://ptolemy.eecs.berkeley.edu/visualsense/ [Erişim: 10.02.2017]

http://web.scalable-networks.com/exata-network-emulation-software [Erişim: 02.02.2017]

http://web.scalable-networks.com/qualnet-network-simulator-software [Erişim: 01.02.2017]

http://wsn.aalto.fi/en/tools/piccsim/ [Erişim: 14.02.2017]

http://wsnet.gforge.inria.fr/ [Erişim: 08.02.2017]

http://www.estinet.com/ns/?page_id=21140 [Erişim: 14.02.2017]

http://www.irs.uji.es/uwsim/uwsim-features [Erişim: 15.02.2017]

http://www.isi.edu/nsnam/ns/ [Erişim: 13.02.2017]

http://www.isis.vanderbilt.edu/projects/nest/prowler/ [Erişim: 14.02.2017]

http://www.ita.cs.rpi.edu/ [Erişim: 30.02.2017]

http://www.ni.com/labview/ [Erişim: 14.02.2017]

http://www.physiome.org/jsim/docs/overview.html [Erişim: 14.02.2017]

http://www.sens.org/ [Erişim: 11.02.2017]

http://www.ssfnet.org/homePage.html [Erişim: 05.02.2017]

http://www.tetcos.com/netsim-std.html [Erişim: 13.02.2017]

https://ercim-news.ercim.eu/en94/ri/drmsim-a-routing-model-simulator-for-large-scale-networks [Erişim: 14.02.2017]

https://omnetpp.org/ [Erişim: 13.02.2017]

https://www.codeproject.com/Articles/225536/Wireless-Sensor-Network-Localization-Simulator-v [Erişim: 21.09.2017]

https://www.mathworks.com/products/matlab.html [Erişim: 23.02.2017]

https://www.mathworks.com/products/simulink.html [Erişim: 23.02.2017]

https://www.nsnam.org/docs/tutorial/html/ [Erişim: 13.02.2017]

https://www.riverbed.com/se/products/steelcentral/steelcentral-riverbed-modeler.html [Erişim: 31.01.2017]

Jabbar, S., Aziz, M. Z., Minhas, A. A. & Hussain, D. (2010). *A Novel Power Tuning Anchor Localization Algorithm for Mobile Wireless Sensor Nodes. 10th IEEE International Conference on Computer and Information Technology*, 2441-2446.

Jiang, J., Han, G., Zhu, C., Dong, Y. & Zhang, N. (2011). *Secure Localization in Wireless Sensor Networks: A Survey. Journal of Communications,* 6(6), 460-470.

Jordt, G. J., Baldwin, R. O., Raquet, J. F. & Mullins, B. E. (2008). *Energy Cost And Error Performans Of Range-Aware, Anchor-Free Localization Algorithms. Ad Hoc Networks,* 6, 539-559.

Kannan, A. A., Mao, G. & Vucetic, B. (2006). *Simulated Annealing based Wireless Sensor Network Localization with Flip Ambiguity Mitigation. IEEE 63rd Vehicular Technology Conference (VTC 2006-Spring).*

Khan, R., Khan, S. U., Khan, S. & Khan, H. U. S. (2014). *Localization Performance Evaluation of Extended Kalman Filter in Wireless Sensors Network. Procedia Computer Science,* 32, 117-124.

Langendoen, K. & Reijers, N. (2004). *Distributed Localization Algorithms. Embedded Systems Handbook.* Florida, USA: CRC Press, Boca Raton.

Lazos, L. & Poovendran, R. (2006). *HiRLoc:High-Sesolution Robust Localizaton for Wireless Sensor Networks. IEEE Journal on Selected Areas in Communications,* 24(2), 233-246.

Liu, W., Dong, E. & Song, Y. (2015). *Robustness Analysis for Node Multilateration Localization in Wireless Sensor Networks. Wireless Networks*, 21(5), 1473-1483.

Mao, G., Fidan, B. & Anderson, B. D. O. (2007). *Wireless Sensor Network Localization Techniques, Computer Networks,* 51,(10), 2529-2553.

Matin, M. A. & Islam, M. N. (2012). *Overview of Wireless Sensor Network., InTech*, DOI:10.5772/49376.

Nayyar, A. & Singh, R. (2015). *A Comprehensive Review of Simulation Tools for Wireless Sensor Networks (WSNs). Journal of Wireless Networking and Communications*, 5(1), 19-47.

Pal, A. (2012). *Localization Algorithms in Wireless Sensor Networks: Current Approaches and Future Challenges. Network Protocols and Algorithms,* 2, 1.

Patwari, N., Ash, J. N., Kyperountas, S., Hero, A. O., Moses, R. L. & Correal, N. S. (2005). *Locating the Nodes: Cooperative Localization in Wireless Sensor Network. IEEE Signal Processing Magazine,* 22(4), 54-69.

Safa, H. & Yassine, F. (2012). *Localization in Large Scale Wireless Sensor Networks. 19th International Conference on Telecommunications.*

Safa, H. (2014). *A Novel Localization Algorithm for Large Scale Wireless Sensor Networks. Computer Communications,* 45, 32-46.

Sahoo, P. K. & Hwang, I. (2011). *Collaborative Algorithms for Wireless Sensor Networks with Reduced Localization Error. Sensors,* 11, 9989-10009.

Saxena, S. (2014). *Modification of HiRLoc Algorithm Using Finite Sized Wireless Sensor Network. International Journal of Reviwes in Computer,* 13.

Sayih, D. A. H., Rahma, R. R. M. & Yagoub, R. Y. K. (2015). *Localization Techniques in Wireless Sensor Network.* Sudan University of Science and Technology, College of Engineering, School of Electronics Engineering, Sudan.

Shang, Y., Ruml, W. & Fromherz, Y. Z. M. P. J. (2003). *Localization From Mere Connectivity. Proc. ACM MobiHoc,* 201-212.

Sharma, R. & Malhotra, S. (2015). *Approximate Point in Triangulation (APIT) based Localization Algorithm in Wireless Sensor Network. International Journal for Innovative Research Science & Technology*, 2(3), 39-42.

Singh, S. P. & Sharma, S. C. (2015). *Range Free Localization in Wireless Sensor Networks: A Review. 3rd International Conference on Recent Trends in Computing,* 57, 7-16.

Singh, S., Shakya, R. & Singh, Y. (2015). *Localization Techniques in Wireless Sensor Networks. International Journal of Computer Science and Information Technologies,* 6(1), 844-850.

Srinivasan, A. & Wu, J. (2007). *A Survey on Secure Localization in Wireless Sensor Networks. Encyclopedia Of Wireless And Mobile Communications,* Florida, USA: CRC Press, Taylor and Francis Group.

Stanoev, A., Filiposka, S., In, V. & Kocarev, L. (2016). *Cooperative Method for Wireless Sensor Network Localization. Ad Hoc Networks,* 40, 61-72.

Tekdaş, O. & İşler, V. (2010). *Sensor Placement for Triangulation-Based Localization. IEEE Transactions on Aoutomation Science and Engineering*, 7(3), 681-685.

Wang, C., Liu, K. & Xiao, N. (2008). *A Range Free Localization Algorithm Based on Restricted-Area for Wireless Sensor Networks. The Third International Multi-Conference on Computing in the Global Information Technology,* 97-101.

Warshall, S. (1962). *A Theorem on Boolean Matrices, Journal of the ACM.,* 9(1), 11-12.

Yuan, D., Kanhere, S. S. & Hollick, M. (2016). *Instrumenting Wireless Sensor Networks-A Survey on the Metric That Matter. Pervasive and Mobile Computing.*10, (1), 1-15.

Zhang, Y., Liu, S., Zhao, X. & Jia, Z. (2012). *Theoretic Analysis of Unique Localizationfor Wireless Sensor Networks. Ad Hoc Networks,* 10, 623-634.

ÖZGEÇMİŞ

24 Eylül 1991'de Kırklareli ilinin Lüleburgaz ilçesinde doğdu. İlk ve orta öğrenimini Emrullah Efendi İlkokulunda, lise öğrenimini Lüleburgaz Lisesi'nde tamamladı. 2010 yılında Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Endüstri Mühendisliği Bölümünde okumaya hak kazandı. 2015 yılında Lisans eğitimini tamamladı. Şubat 2016'da Trakya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Bilgisayar Mühendisliği Anabilim Dalında yüksek lisans eğitimine başladı.